BOLOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN

UEBER

ABSORPTIONSSPECTRA.

INAUGURAL-DISSERTATION

EINER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT (II. SECTION)

DER

KGL. LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT ZU MÜNCHEN

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT

VON

BRUNO DONATH.

MIT DREI TAFELN.

LEIPZIG,

JOHANN AMBROSIUS BARTH (ARTHUR MEINER).

1896.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Einleitung 5
Beschreibung der Apparate 9
a) Das Galvanometer 9
b) Das Spectrometer 12
c) Das Bolometer 14
d) Die Compensationsbrücke 16
Aufstellung der Apparate 22
Beobachtungen 24
Fluorescirende Substanzen 29
1. Uranin 29
2. Eosin 31
a) Alkoholische Lösung 31
b) Wässrige Lösung 33
c) In fester Lösung 36
3. Fluorescin 37
4. Aesculin 39
5. Chlorophyll 40
Untersuchung von Wasser und Kaliumalaunlösung . . . 43
Absorptionsspectra von Oelen 48
a) Sauerstofffreie ätherische Oele 49
1. Raffinirtes französisches Terpentinöl 49
2. Oleum juniperi e baccis 51
b) Sauerstoffhaltige ätherische Oele 53
1. Oleum rosmarini 53
2. Oleum lavendulae 56
3. Oleum sasafras verum 57
c) Fette Oele (Olivenöl) 60
d) Absorptionsspectrum des Petroleums 62
Anhang 64

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534911_0089

Vor etwa 15 Jahren wurde das Bolometer zum ersten Male als feinfühlige Wärmesonde im Spectrum der Sonne verwendet.[1])

Man hatte zu Anfang bei der Benutzung dieses Instrumentes, welches gegen die Thermosäule den unschätzbaren Vortheil einer leichten linearen Anordnung bot, mit bedeutenden Schwierigkeiten zu kämpfen. Die hohe Empfindlichkeit gegen störende Einflüsse und namentlich die delicate Behandlung der zahlreichen und complicirten Nebenapparate machten die Arbeit mit dem neuen Instrument beschwerlich und stellten an die Geduld und Ausdauer des Beobachters nicht zu unterschätzende Anforderungen.

Seitdem sind diese Schwierigkeiten — zum Theil wenigstens — gehoben und das Bolometer ist in einer Art vervollkommnet worden, dass man es heute zu den feinfühligsten Instrumenten rechnen darf, welche dem Physiker Aufschluss über Wärmestrahlung zu geben vermögen.

Um so mehr darf man sich wundern, dass die geniale Methode Langley's nur wenig ausgenutzt wurde.

Die Aussicht, an der Hand der „actinischen Waage" in die den menschlichen Sinnesorganen unmittelbar verschlossenen Gebiete jenseits des tiefen Rothes einzudringen, die Möglichkeit, auf diesem Wege mehrere Schwingungsoctaven, den tieferen Farben- und Wärmetönen zu, überblicken und so die Leistungsfähigkeit des Auges um ein Vielfaches übertreffen zu können, die Hoffnung endlich, durch gediegenes Studium der Absorption von Wärmestrahlen durch Flüssigkeiten und Gase zur Kenntniss intramolecularer Vorgänge zu gelangen; das alles, sollte man meinen, hätte, neben dem grossen Interesse, das ihnen von

1) Langley, Compt. rend. **93.** p. 140—143. 1881; Beibl. 5. p. 660. 1881.

allen Seiten zu Theil wurde, den Untersuchungen Langley's mehr Nachfolge sichern müssen.

Der Grund für die Zurückhaltung der Gelehrten ist leicht zu finden, wenn man die Complicirtheit einer Bolometermessung mit der einer Thermosäule vergleicht. Das Bolometer, im Princip überaus einfach, wird in seiner zu feinen Messungen brauchbaren Gestalt zu einem schwierigen Instrument. Es ist beim Arbeiten mit ihm leider so viel Gefühlssache, und nur ein Beobachter, der sich mit den localen Verhältnissen, mit den Sonderheiten der Nebenapparate und den aus ihnen sich ergebenden verwickelten Störungen durch zeitraubende und mühsame Vorversuche völlig vertraut gemacht hat, wird im Stande sein, über den Werth einer Messung zu entscheiden. Auch für ihn ist es oft schwierig, die Spreu vom Weizen zu trennen.

Zudem fallen Anfangsversuche fast stets unglücklich und wenig ermuthigend aus, ein Umstand, der ebenfalls Veranlassung dazu gegeben haben mag, dass sich einzelne Physiker vom Bolometer wieder abgewendet haben. Aber selbst, wer mit ihm glücklich operirt hat, wird sich nicht verhehlen können, dass die Arbeit mit einem Mechanismus von Gliedern, deren jedes auf höchste Empfindlichkeit beansprucht wird, sein Missliches hat und dass man für gewisse Fälle gern die hohe Empfindlichkeit des Bolometers der bequemen Sicherheit einer Thermosäule opfern würde, wenn es nur gelänge, derselben eine befriedigende lineare Anordnung zu geben.

Die ersten bolometrischen Arbeiten im Spectrum rühren von Langley selbst her, welcher sein neues Instrument dazu benutzte, um im unsichtbaren Wärmespectrum bisher unbekannte Wellenlängen zu bestimmen. Er untersuchte Vielfache von $\lambda D 2$ und drang bis zur Wellenlänge 5,3011 μ vor. Es zeigte sich, dass von $\lambda = 2\mu$ an die Curve, welche die Abhängigkeit der Wellenlängen von den Brechungsexponenten darstellt, für ein Steinsalzprisma nur unmerklich von einer Geraden abweicht.[1])

---

1) Langley, Proc. of the Amer. Ass. for the Ad. of Sc. **34.** p. 35. 1885; Silliman's Journ. (3) **31.** p. 1—12. 1886; (3) **32.** p. 83—106. 1886; Beibl. **11.** p. 245. 1887.

Ferner sind die Arbeiten von Helmholtz, Julius, Ångström und Paschen zu nennen, von denen die beiden ersteren sich vornehmlich mit der Licht- und Wärmestrahlung verbrannter und verbrennender Gase beschäftigten [1]), während Ångström Aether, Benzol, Methan, Aethylen und Schwefelkohlenstoff sowohl flüssig als gasförmig untersuchte, und fand, dass die selective Absorption in beiden Aggregatzuständen der *Qualität* nach *denselben Charakter* trägt. [2])

Später veröffentlichte H. Julius eine vortreffliche Arbeit, welche die Absorptionsspectra vorwiegend von Alkoholen zum Gegenstand hat. [3]) Er drang bis zu Wellenlängen von etwa 20 μ vor, indem er die Dispersionscurve, welche Langley für Steinsalz gefunden hatte, geradlinig verlängerte, ein Verfahren, das zwar der Curve eine möglichst einfache Gestalt gibt, ohne vielleicht für längere Wellen ganz einwandfrei zu sein. Es gelang ihm, eine gewisse Gesetzmässigkeit bei chemisch verwandten Körpern nachzuweisen, ein Resultat, zu dem übrigens auch Abney und Festing auf anderem Wege gelangt waren. [4])

Hinzuweisen wäre sodann auf eine Abhandlung von Ångström über die spectrale Vertheilung der Absorption im infrarothen Spectrum, welche aber leider über eine interessante Frage, nämlich ob das Absorptionsmaximum eines Gases eine Function seines Druckes sei, vor der Hand noch keinen Aufschluss brachte. [5])

Hr. Paschen veröffentlichte Messungen im Gitterspectrum [6]) und wies zuerst auf die Bedeutung des Gehaltes der Luft an H_2O und CO_2 bei bolometrischen Untersuchungen hin.

---

1) Julius, Licht- und Wärmestrahlung verbrannter Gase. Berlin bei Leonh. Simion, 1890; Beibl. **14.** p. 602. 1890; R. v. Helmholtz, Licht- und Wärmestrahlung verbrennender Gase, ebd. 1890; Beibl. **14.** p. 589. 1890.

2) Ångström, Öfersigt af Kongl. Ventensk Akad. Förhandl. p. 331 bis 352. 1870.

3) Julius, Bolometrische Untersuchungen einiger Absorptionsspectra im Hinblick auf ihren Zusammenhang mit intramolecularen Verhältnissen. Verhandl. der Kongl. Akad. der Wetenschaft. Amsterdam Del. (1) **1.** 1892; Beibl. **17.** p. 34. 1893.

4) Abney u. Festing, Phil. Trans. p. 887—898. 1891.

5) Ångström, Beibl. **17.** p. 332. 1893.

6) Paschen, Wied. Ann. **48.** p. 272. 1893; **53.** p. 287. 1894.

In neuester Zeit hat Hr. Aschkinass das Absorptionsspectrum des Wassers untersucht und daraus interessante Schlüsse auf die Unfähigkeit des menschlichen Auges, ultrarothe Strahlen zu erkennen, gezogen.[1])

Aus der grossen Anzahl von Arbeiten, welche Untersuchungen des ultrarothen Spectrums zum Gegenstand hatten, mögen diejenigen von Festing[2]), Desains[3]), Schneebeli[4]), Becquerel[5]), Keeler[6]), Raid[7]), Julius[8]), Crova[9]), Lummer und Kurlbaum[10]), Rubens[11]), Ångström[12]) und Langley[13]) besonders hervorgehoben sein.

Bei der relativen Unsicherheit, mit der bolometrische Messungen noch behaftet sind, muss natürlich jede Methode willkommen sein, welche auf anderem Wege wenigstens theilweise eine Controlle gestattet. Als solche sind vornehmlich die *direct* photographische Methode von Abney und Festing[14]) und die *indirect* photographische von Hrn. v. Lommel zu erwähnen. Erstere benutzten die durch geeignete Präparation erhöhte Rothempfindlichkeit photographischer Platten, letzterer die Vernichtung schwachen Phosphorescenzlichtes, indem er die, von der Auslöschung nicht betroffenen, in schwach blaugrünem Lichte schimmernden Fraunhofer'schen Linien durch Contact auf einer Bromsilberplatte abbildete.

In letzterer Art ist auf Veranlassung Hrn. v. Lommel's der ultrarothe Theil des Sonnenspectrums durch Hrn. L. Fomm[15]) photographisch aufgenommen worden und es bleibt, angesichts

1) E. Aschkinass, Wied. Ann. **55.** p. 401. 1895.
2) Festin, Beibl. **5.** p. 507. 1881.
3) Desains, Beibl. **6.** p. 479. 1882.
4) Schneebeli, Wied. Ann. **22.** p. 430. 1884.
5) Becquerel, Beibl. **8.** p. 819. 1884.
6) Keeler, Beibl. **9.** p. 258. 1885.
7) Raid, Beibl. **12.** p. 337. 1888.
8) Julius, Beibl. **13.** p. 307. 1889.
9) Crova, Ann. de Chim. et Phys. (6) **29.** p. 137—144. 1892.
10) Lummer u. Kurlbaum, Wied. Ann. **46.** p. 204. 1892.
11) Rubens, Wied. Ann. **37.** p. 249. 1889; **45.** p. 238. 1892; **51.** p. 381. 1894.
12) Ångström, Wied. Ann. **48.** p. 493. 1893.
13) Langley, Beibl. **18.** p. 749. 1894.
14) Abney u. Festing, Beibl. **5.** p. 507. 1881.
15) L. Fomm, Inauguraldissertation. München.

der vorzüglichen Resultate, nur zu wünschen, dass es gelingen möge, mit dieser Methode weiter als bis zur Wellenlänge 1 μ vorzudringen.[1])

Einer Anregung desselben Gelehrten folgend, wandte ich mich ebenfalls der Untersuchung des ultrarothen Spectrums zu, und zwar entschloss ich mich, einen Versuch mit dem Bolometer zu wagen, obgleich ich mir nicht verhehlen durfte, dass ich bei der Neueinrichtung, welche ich zu treffen hatte, auf grosse Schwierigkeiten stossen würde, da auch in meiner Umgebung über Messungen mit dem Linearbolometer praktische Erfahrungen noch nicht vorlagen.

Es vergingen so fast 6 Monate allein mit Vorversuchen, auf Grund derer ich dann die nachstehend beschriebenen Apparate construiren konnte. Ich habe dabei oft die Erfahrung machen müssen, dass es scheinbar geringfügige und nicht genug beachtete Nebenumstände sind, welche, bei noch so einwandfrei construirten Apparaten, eine bolometrische Messung völlig verderben. Diese kleinen Details glaube ich im Interesse Anderer, welche sich gleichfalls mit bolometrischen Arbeiten befassen wollen, nicht übergehen zu dürfen, selbst auf die Gefahr hin, den schon erfahrenen Leser etwas zu ermüden.

Beschreibung der Apparate.

a) Das Galvanometer.

Meinem Wunsche, bei den Messungen ein möglichst empfindliches Galvanometer zu verwenden, entsprach am besten von allen Instrumenten, welche mir zur Verfügung standen, dasjenige von Dubois-Rubens.[2]) Da die Empfindlichkeit des Galvanometers ausschlaggebend für den Erfolg einer bolometrischen Messung überhaupt ist, versuchte ich, das leichteste dem Instrument beigegebene astatische Magnet-System von 125 *mg* Gewicht einzuhängen. Die alten noch vorhandenen Quarzfäden erwiesen sich indess als zu dick und steif und die

1) Eine besonders ausführliche und übersichtliche Zusammenstellung der Arbeiten über spectrale Wärmevertheilung von Hrn. L. Graetz findet sich im 2. Band des Winckelmann'schen Handbuches der Physik. 1895.

2) Dubois-Rubens, Wied. Ann. **48.** p. 236. 1893.

neue Lieferung fiel wiederum so fein aus, dass die meisten der Fäden das Magnetsystem nicht zu tragen vermochten.

Erst nach vielen Bemühungen gelang es mir, die Magnete zu befestigen. Das Instrument zeigte nun eine derartige Unruhe, dass der Nullpunkt auch nicht auf wenige Secunden constant blieb, ja dass bisweilen die ganze Scala aus dem Gesichtsfelde verschwand. Im Anfang gab ich der Neuheit des Quarzfadens die Schuld, musste mich aber nach Verlauf einer Woche überzeugen, dass sich das Verhalten des Galvanometers in keiner Weise gebessert hatte.

Ich war daher gezwungen, das nächst schwere Magnetsystem von 250 *mg* Gewicht anzuwenden, worauf die Nullpunktwanderungen an Stärke zwar verloren, aber immer noch intensiv genug waren, um das Instrument bei einer Astasie von 10″ für meine Messungen unbrauchbar zu machen.

Die Ursachen der Unruhe konnten dreierlei Art sein:

1. mechanische (Erschütterung, Zug)
2. magnetische
3. electrische { dynamische / statische.

Mechanische Erschütterungen waren, was diesbezügliche Beobachtungen ergaben, fast ausgeschlossen und nur ein orkanartiger Sturm machte auf einige Tage die Arbeit unmöglich.

Was magnetische und electrische Störungen anbelangt, so sind die Ergebnisse meiner Untersuchung nicht so günstig. Da sie jedoch ein mehr locales Interesse beanspruchen, habe ich das Wesentlichste dieser Beobachtungen, welche sich mir gleichsam am Wege boten, in einem besonderen Anhange beigegeben, weshalb ich hier auf denselben verweise.

Ich will an dieser Stelle nur kurz erwähnen, dass es mir nach Anwendung aller Vorsichtsmaassregeln, nach Beseitigung magnetischer Störungen, sowie nach Aufsuchung und Beseitigung von Erdschlüssen in der Lichtleitung des Hauses, gelang, den Nullpunkt innerhalb 1 — 4 Minuten, je nach dem Grade der Astasie, des Nebenschlusses und der Stärke des Hauptstromes und, wenn nicht etwa ganz besonders plötzliche Schwankungen eintraten, auf 3 — 6 Scalentheile constant zu erhalten.

Als *besonderen Uebelstand* habe ich es empfunden, dass die *Klemmen des Instrumentes* aus *Messing* gefertigt waren.

Ich musste daher zur Verbindung der Klemmen untereinander breite Messingbügel anwenden, aber selbst dann ergab ein einfacher Schluss der äusseren Klemmen durch einen Kupferdraht einen dauernden Ausschlag von mehreren Scalentheilen, der unter besonderen Umständen so gross werden konnte, dass das Scalenbild aus dem Gesichtsfeld geworfen wurde. Es traten also offenbar Thermoströme an den Klemmen auf, wo sie durch ein anderes Metall berührt wurden.

Da man aber schliesslich doch einmal einen Uebergang zu der für die anderen Apparate erforderlichen Kupferleitung herstellen muss, so habe ich mir zuletzt damit geholfen, dass ich an die Galvanometerklemmen zunächst Messingdrähte anschaltete und diese mit den Enden der Kupferleitung in mit Quecksilber gefüllten Glasröhren zusammenführte. Die beiden Quecksilberröhren wurden sodann zugeschmolzen und zusammen in ein Glasgefäss mit Vaselinöl versenkt. Auf diese Weise konnte ich den Ausschlag durch Thermostöme im Mittel auf drei bis vier Scalentheile reduciren.

Mehr um statischen Ladungen vorzubeugen, als um sie zu beseitigen, kleidete ich das Hartgummiskelet des Galvanometers mit Stanniolstreifen aus und verband diese leitend mit der Erde.

Die Astasie konnte ich niemals über 10″ treiben, und auch dann noch war die Nullpunktlage unter dem Einfluss äusserer electrischer Störungen keine recht befriedigende.

Einige Uebelstände, welche sich später herausstellten, werde ich im Zusammenhang mit den Vorrichtungen, die ich zur Compensation der in und ausser dem Galvanometer auftretenden Thermoströme construirt habe, besprechen.

Die Empfindlichkeit des Instrumentes vermag ich nicht genau anzugeben, da sie fast bei jeder Versuchsreihe anders gewählt wurde und zwar durch Veränderung der Astasie, durch Wahl des Nebenschlusses u. s. w. derart, dass unter Berücksichtigung aller im Augenblick gegebener Nebenumstände, das Verhältniss des Ausschlages zur Unruhe des Nullpunktes möglichst ein Maximum wurde. Im Mittel betrug die Empfindlichkeit etwa $6 . 10^{-11}$ Amp. pro Scalentheil.

Erwähnen will ich noch, dass ich die Mikrometerspindel zur Einstellung der Richtmagnete mit einer Vorrichtung versah, um mittels einer Transmission über leicht bewegliche Rollen vom Platz am Fernrohr aus die Lage des Nullpunktes beliebig wählen zu können.

Der Widerstand der 4 parallel geschalteten Spulen betrug 5 Ohm.

b) Das Spectrometer.

Ich war in der Lage für die vorzunehmenden Versuche ein neues grosses Spectrometer von Schmidt & Haensch aus Berlin beziehen zu können. Um jede Linse zu vermeiden, wurde dasselbe mit der von Rubens angegebenen Spiegelvorrichtung versehen. Die Spiegel waren versilbert und hatten einen Durchmesser von 50 mm.

Da eine automatische Minimumeinstellung des Prismas wünschenswerth erschien, verband ich das Spaltrohr und das Ocularrohr durch ein Gestänge derart mit dem Tisch, dass er stets mit der Hälfte der Winkeldrehung an der Bewegung des Ocularrohres theilnahm. Diese Vorrichtung gewährleistet die Symmetrie der Anordnung in jedem Augenblick, so dass ein in das Fernrohr fallender Lichtstrahl das Prisma auf dem Wege seiner kleinsten Ablenkung durchsetzt hat.

Die Berechnungsexponenten können dann nach der einfachen Formel

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2}(\delta + \beta)}{\sin \frac{1}{2}\beta}$$

berechnet werden.

Derartige Vorrichtungen sind schon früher, obwohl sie aus constructiven Gründen nicht immer zuverlässig waren, in Anwendung gekommen. Um ihre Sicherheit zu erhöhen, habe ich einige Abänderungen getroffen, welche Fig. 1, Taf. II, die zugleich eine Aufsicht auf die Spiegeleinrichtung gibt, veranschaulicht. Sie zielen darauf hin, den todten Gang des Mechanismus zu beseitigen.

A und *B* sind Drehpunkte des Systems, *C* ebenfalls ein Drehpunkt, welcher jedoch bei der Bewegung des Fernrohres gezwungen ist, die Leitstange, welche den Prismentisch bewegt, entlang zu gleiten. *D* ist eine Stahlhülse, welche auf der

runden Leitstange c saugend gleitet. Sie wird von den Enden der Kuppelstangen a und b gabelartig in Gelenken und Drehzapfen umfasst. Die Hülse geht etwas straff, was, wie eine einfache Betrachtung zeigt, keinen Nachteil bringt; denn selbst wenn sich die eine Kuppelstange, z. B. a, etwas durchbiegen sollte, so wird es auch die andere um denselben Betrag thun, wodurch wiederum die Symmetrie des Systems erhalten bleibt. Fig. 6, Taf. I, zeigt die Einzelheiten der Gelenkconstruction.

Sämmtliche Drehzapfen sind conisch und machen daher auch an den Drehpunkten todten Gang unmöglich. Leitstange und Kuppelstangen sind hohl gearbeitet und daher möglichst leicht. Die ganze Vorrichtung wurde so angebracht, dass die Auf- und Niederbewegung des Prismentisches, sowie seine Drehung von Hand oder Mikrometer dadurch durchaus nicht verhindert wurde. Das von mir benutzte Prisma von Quarz maass in der Höhe 45 mm, in der Breite 40 mm; sein brechender Winkel (β) wurde aus 20 Messungen zu $60^0\ 0'\ 16''$ bestimmt.

Tabelle I.

Dev. min.	n	λ	Dev. min.	n	λ
$41^0\,50'$	1,5524	0,452	$40^0\,45'$	1,5292	1,450
45	1,5515	0,464	40	1,5283	1,511
40	1,5506	0,476	35	1,5274	1,572
35	1,5496	0,490	30	1,5264	1,632
30	1,5487	0,504	25	1,5255	1,691
25	1,5478	0,520	20	1,5245	1,755
20	1,5469	0,535	15	1,5236	1,819
15	1,5459	0,552	10	1,5226	1,886
10	1,5450	0,571	5	1,5217	1,949
5	1,5441	0,590	39 0	1,5208	1,989
41 0	1,5432	0,615	55	1,5198	2,040
55	1,5423	0,638	50	1,5189	2,080
50	1,5413	0,675	45	1,5179	2,110
45	1,5404	0,712	40	1,5169	2,150
40	1,5395	0,751	35	1,5160	2,190
35	1,5385	0,792	30	1,5151	2,255
30	1,5376	0,832	25	1,5141	2,322
25	1,5367	0,883	20	1,5131	2,387
20	1,5357	0,942	15	1,5122	2,450
15	1,5348	1,009	10	1,5113	2,513
10	1,5339	1,072	5	1,5103	2,575
5	1,5329	1,140	38^0 0	1,5093	2,625
40^0 0	1,5320	1,212	55	1,5084	2,666
55	1,5311	1,296	50	1,5074	2,708
50	1,5301	1,372			

Ein Prisma von Steinsalz, welches ich anfänglich benutzen wollte, war sehr corrodirt und trotz vieler Bemühungen gelang es mir nicht, es so aufzuschleifen, dass es, obwohl es völlig klar geworden, den gestellten Anforderengen genügt hätte. Zudem zeigten die frisch aufpolirten Flächen einen aussergewöhnlich raschen Verfall, welcher durch die Zimmerfeuchtigkeit hervorgerufen wurde.

Ein Prisma aus Flussspath konnte ich leider vor der Hand nicht erhalten.

Für Quarz war die Dispersionscurve von Rubens bis zur Wellenlänge 4,2 μ bestimmt worden.[1]) Ich gebe in der vorhergehenden Tabelle die für mein Prisma umgerechneten Werthe.

c) Das Bolometer.

Dem Linear-Bolometer gab ich eine möglichst compendiöse Form und richtete es so ein, dass es als selbständiges festes Stück sowohl in die Linsenrohre des Spectrometers als auch in die Vorrichtung mit Spiegeln eingeschoben werden konnte. Der bestrahlte Bolometerstreif ersetzte dabei den senkrechten Theil des Fadenkreuzes.

Die Einrichtung ist aus Fig. 7, Taf. I, zu ersehen. Das Ocularrohr R erscheint in zwei Theile zerschnitten und das fehlende Mittelstück durch eine Hartgummidose H ersetzt, welche das Bolometer enthält.

An diesem Gehäuse sind, nach der Seite der einfallenden Wärmestrahlen zu, 3 Kupferklemmen K_1, K_2, K_3 in Winkelabständen von 120° angeordnet. (Von ihnen ist in der Längsschnittfigur nur K_1 sichtbar.) Die Klemmen sind auf dünne Kupferstäbe aufgeschraubt, welche die Hartgummihülse durchdringen und innerhalb der runden Platte P zum Halt dienen. Diese, ebenfalls aus Hartgummi, ist in Fig. 8, Taf. I, besonders in der Aufsicht — den einfallenden Wärmestrahlen entgegen — gezeichnet. Sie enthält einen quadratischen Ausschnitt, über den in der Mitte der zu beleuchtende und seitlich der beschattete Bolometerdraht ($B\,W$, $B\,W_1$) in folgender Weise gespannt ist.

Auf der Hartgummischeibe P sind die drei Kupferstücke A, B, C angeschraubt; diese berühren die, das Gehäuse durch-

setzenden Kupferstäbe und vermitteln so den Contact mit den stromzuführenden Klemmen K_1, K_2, K_3. Besondere Kupferschräubchen k_1, k_2, k_3 sorgen dafür, dass diese Verbindung eine möglichst innige wird. Ueber die Kupferstücke A, B, C nun sind die völlig gleichen Bolometerwiderstände BW und BW_1 straff gezogen und mit Wood'schem Metall angeheftet in der Weise wie Fig. 8 es andeutet.

Diese Anordnung hat den Vortheil, dass die Hartgummischeibe P mit den Bolometerstreifen ein selbständiges Ganzes bildet und jederzeit leicht aus der Dose herausgenommen werden kann, um einer Scheibe mit anderer Bespannung, deren man mehrere vorräthig halten kann, Platz zu machen. Durch den Umstand, dass die Scheibe einen quadratischen, das Gehäuse H aber, wie es die punktirten Linien in Fig. 8 andeuten, nur einen spaltförmigen Ausschnitt hat, ist die Beschattung des Widerstandes BW_1 erreicht. Im Uebrigen erfüllt die möglichst nahe Zuordnung der Bolometerwiderstände die Hauptforderung, dass die beiden Stromleiter unter möglichst gleichen Umständen seien. Dadurch ist der Einfluss plötzlich von aussen wirkender Temperaturveränderungen am besten aufgehoben.

Die Bolometerwiderstände bestanden aus Platin, welches sich zu diesem Zweck durch seine geringe specifische Wärme (0.03) besonders empfiehlt. Gleichzeitig sind auch die Werthe für die Widerstandsänderung bei bestimmter Temperatursteigerung, also der Coefficient α in der Formel

$$l = l_0(1 - \alpha t + \beta t^2)$$

und der Wärmeleitungscoefficient (8,4 [$Ag = 100$]) genügend gross. Uebertroffen wird hierin freilich das Platin vom Eisen, aber es ist mir nicht gelungen, einen Eisendraht so dünn zu erhalten oder herzustellen, wie ich ihn für meinen Zweck brauchte. Uebrigens wird die höhere bolometrische Leistungsfähigkeit des Eisens durch die Eigenschaften des Platins, sich gut ziehen zu lassen und nicht zu oxydiren, reichlich wieder aufgewogen.

Zur Verfügung stand mir Platindraht von 0,04 mm Durchmesser. Ich liess ihn durch Achatwalzen ziehen und erhielt so Streifchen von 0,17 mm Breite, woraus sich ihre Dicke

zu 0,0074 mm berechnet. Das Verhältniss des Effectes der bestrahlten Fläche zur Masse war also dadurch gegen den runden Draht um 325 Proc. gebessert.

Das Einbringen und Befestigen so zarter Metallfäden in den Bolometerrahmen ist natürlich eine sehr subtile und langwierige Arbeit. Namentlich muss jeder Knick sorgfältig vermieden werden, da er den Widerstand meist nicht unbeträchtlich verändert.

Das der Bestrahlung ausgesetzte Bolometerstreifchen wurde über einer Terpentinölflamme berusst und dann mit einem feinen Pinsel auf der, der Strahlung abgewandten Seite vorsichtig wieder vom Russ befreit.

Der Widerstand der Streifchen betrug 5,08 und 5,09 Ohm.

d) Die Compensationsbrücke.

Bei der, den beiden Bolometerzweigen gegenüberliegenden, Wheatstone'schen Brücke habe ich Thermoströme niemals ganz vermeiden können. Selbst als ich einen Versuchsapparat, welcher lediglich aus vier gleich langen Platindrähten bestand, unter Petroleum legte und, in Form einer Brücke, zwei diametral gegenüberliegende Ecken des Drahtvierecks an das Galvanometer legte, zeigte sich ein bedeutender Ausschlag, der zwar zum Theil von geringen Spuren von Säure an den Löthstellen herrührte, aber auch dann nicht ganz verschwand, als diese mit Hülfe von Wachs hergestellt wurden. Es ist leicht einzusehen, dass der Strombetrag durch Thermoeffecte bei complicirten Brücken, wie man sie zu bolometrischen Messungen nöthig hat, noch wachsen wird.

Ein anderer Apparat, welcher zum Abgleichen der Widerstände als Doppelbrücke eingerichtet und mit Schiebecontacten versehen war, zeigte sich ebenfalls unbrauchbar, weil bei jeder Bewegung der Schieberschneide sich der Uebergangswiderstand änderte. Meine Versuche, einen brauchbaren Compensationswiderstand zu construiren, führten mich schliesslich dahin, an einen guten Apparat folgende Anforderungen zu stellen:

1. Alle beweglichen Contacte müssen aus *Quecksilber* bestehen.

2. Ueberall, wo von aussen eintretende und der Temperaturschwankung unterworfene Leitungstheile in den Apparat

geführt werden, müssen sie an Metalle gleicher Art angeschlossen sein.

3. Die ganze Vorrichtung muss zur Vermeidung von Temperaturdifferenzen ihrer Theile auf einen *möglichst kleinen Raum* beschränkt sein; aus demselben Grunde müssen auch alle Klemmen und Contacte dicht bei einander liegen.

4. Der Apparat soll alle groben Widerstandsschwankungen — durch Wärmeeinfluss, Zug, Erschütterung etc. — mit Schnelligkeit und Sicherheit compensiren lassen, gleichzeitig jedoch auch die feinsten Widerstandsabgleichungen (um 0,00001 Ohm und weniger) gestatten.

5. Die den Bolometerzweigen in der Brücke gegenüberliegenden Widerstände müssen nicht nur ihrem absoluten Betrage, sondern auch ihrem Material und ihrer Gestalt nach denen im Bolometer möglichst gleich sein.

Die gegebenen Bedingungen veranlassten mich, die Brücke *kreisförmig* herzustellen, wodurch sie äusserst klein (18 cm Durchmesser) und sehr genau wird, da man alle Theile auf der Drehbank fertigstellen kann. Ausserdem bietet diese Form den Vortheil, dass alle kreisförmig bewegten Contacte sich leicht und ohne Stocken führen lassen, was bei den auf Prismen oder Gleitstangen geradlinig bewegten nur schwer zu erreichen ist.

Das Schaltungsschema ist in Fig. 1 Taf. I veranschaulicht und wohl ohne weiteres verständlich. Q sind Quecksilberrinnen, welche für den dem Bolometerwiderstand BW gegenüberliegenden Brückenwiderstand CW einen Zusatz bilden. Als wichtigster Bestandtheil einer Ausrüstung für bolometrische Messungen verlangt die Compensationsbrücke eine eingehendere Beschreibung.

(Fig. 2 Taf. II). Auf einer massiven Hartgummischeibe A erhebt sich, genau centrisch, ein aus Stahl gedrehter und gut gehärteter conischer Zapfen B. Auf ihm ist ein ebenfalls conisches, durch das Sternrad C drehbares Messingrohr genau aufgeschliffen, welches den in seiner normalen Lage durch breiten Ansatz und Gegenmutter gesicherten Hartgummiteller H trägt. Das über den Stahlzapfen B laufende Rohr mit Sternrad und Hartgummiteller bildet also ein festes, um B drehbares Ganze. Alle Stücke sind zusammen mit dem Stahlconus

auf der Bank abgedreht, sodass der Hartgummiteller vollkommen centrisch läuft; er enthält die Quecksilberrinnen, welche den aus Fig. 1 Taf. I ersichtlichen Zusatz Q zu dem Compensationswiderstande bilden, der dem belichteten Bolometerstreifen BW schematisch gegenüberüberliegt. Aus der in Fig. 3 in halber natürlicher Grösse gezeichneten Aufsicht auf die Hartgummischeibe ist die Anordnung der vier concentrischen Rinnen a, b, c, d ersichtlich; sie sind 4 mm voneinander entfernt und ihre Tiefe wie Breite ist gerade so bemessen, dass gut gereinigtes Quecksilber willig hineinfliesst und etwa 22 mm dicke gleichmässige Fäden bildet. Diese schliessen sich aber nicht zu ganzen Kreisen, sondern sind an einer Stelle unterbrochen, indem die eingedrehten Rinnen hier durch Hartgummistücke wieder ausgesetzt sind. An ihrer unteren Peripherie trägt die bewegliche Scheibe in einer seichten Rinne den Abgleichungsdraht E (Fig. 2), welcher aus Platin besteht und mit etwa $^2/_3$ seines Querschnittes über den Hartgummikranz hervorragt. Seine Enden sind durch Löcher schräg aufwärts gezogen und führen in die beiden Quecksilbernäpfchen N_1 und N_2 (Fig. 4).

Der von der Batterie kommende, auf seinem Wege bereits auf ein brauchbares Maass in seiner Intensität geschwächte Hauptstrom tritt zur Kupferklemme K_1 (Fig. 2) und wird von hier durch ein starkes Kupferband zu dem ebenfalls aus Kupfer verfertigten Quecksilbernapf J geleitet. Hier vermittelt ein Quecksilbermeniscus, dessen inniges Anschmiegen an den Abgleichungsdraht E durch eine erhöhte Rückwand des Kupfernäpfchens gewährleistet wird, die relativ widerstandslose Ueberleitung des Stromes zum Abgleichungsdraht. Der nun in zwei Zweige getheilte Hauptstrom fliesst

1. durch die linke Hälfte des Abgleichungsdrahtes zum Quecksilbernapf N_1 (Fig. 3), welcher die Verbindung zum Compensationswiderstande CW', der das Gegengewicht zum beschatteten Bolometerwiderstand BW' bilden soll, ermöglicht. Der Compensationswiderstand CW' taucht mit seinem anderen Ende in den Quecksilbernapf N_3 und bietet durch Vermittelung des Platindrahtes P_2 (Fig. 2) dem Strom einen Weg zu der äusseren der beiden tiefen Quecksilberrinnen (R_2), welche in den Hartgummisockel eingedreht sind, der das ganze

Instrument trägt. Diese ist durch einen dicken Kupferstreifen mit der Klemme K_2 verbunden, von welcher der Zweigstrom austritt, um bei absolutem Gleichgewichtszustand der Brücke über den bestrahlten Bolometerwiderstand BW oder, wenn dies nicht der Fall ist, mit einem gewissen Bruchtheil auch über das Galvanometer und den beschatteten Bolometerstreifen zur Batterie zurückzukehren. Die Klemme K_2 ist also einerseits mit dem Bolometerzweig BW, andererseits mit dem Galvanometer leitend verbunden.

2. fliesst der andere Theil des Hauptstromes durch die rechte Hälfte des Abgleichungsdrahtes zum Quecksilbernapfe N_2 (Fig. 3); von hier aus wird er durch einen starken Platindraht der Quecksilberrinne a zugeführt. Er könnte nun weder zu den Rinnen b, c, d noch zu dem Widerstande CW gelangen, wenn sich nicht die Zwischenräume zwischen ihnen überbrücken liessen, und zwar auf folgende Weise. Ueber den Quecksilberrinnen gleitet ein Kupferhebel D (Fig. 2) hin, welcher die Platincontactstifte a', b', c', d' enthält, von denen $a'b'$ und $c'd'$ miteinander leitend verbunden sind. Sie tauchen in die entsprechenden Rinnen a, b, c, d des Tellers ein. Der Kupferhebel ist durch Rohransatz, Gewinderad R und Schneckenmikrometer S, sowohl unabhängig, als auch, bei Benutzung einer Kuppelung T, mit dem Hartgummiteller H zusammen beweglich.

Die Platinstifte sind mit Gewinde versehen und können gehoben und gesenkt werden, was eine besondere Annehmlichkeit bietet, sowohl zur genauen Einstellung, als auch, wenn nur zwei Quecksilberrinnen benutzt werden sollen. Dieser Fall tritt dann ein, wenn nur geringe Widerstandsänderungen auszugleichen sind. Fig. 5 zeigt die Details des Hebels etwas vergrössert und ist wohl unmittelbar verständlich, wenn man hinzufügt, dass der schraffirte Mittelstreifen eine Einlage darstellt, welche die Kupferstücke A und B von einander isolirt.

Die Rinnen b und c (Fig. 3) sind durch den Platindraht U leitend verbunden. Der weitere Verlauf des Stromes ist nun sofort zu erkennen. Von der Rinne a geht er über $a'b'$ zur Rinne b und über U zur Rinne c; sodann über $c'd'$ nach d und von dort zum Compensationswiderstand CW, welcher dem bestrahlten Bolometerzweig BW das Gleichgewicht halten

soll. Die vier Quecksilberrinnen werden also durch den Kupferbügel hintereinander geschaltet und bieten dem Strom umsomehr Widerstand, je weiter der Bügel von der Eintrittsstelle entfernt wird.

Ueber N_4, P_1, die Contactrinne R_1 (Fig. 2) und die Klemme K_3 verlässt der Zweigstrom den Apparat, um sich über den beschatteten Bolometerzweig $B\,W$, oder auch gleichzeitig über die Galvanometerleitung mit dem anderen Zweigstrom zu vereinigen und zur Batterie zurückzukehren. Klemme K_3 ist also sowohl mit dem Bolometer, als auch mit dem Galvanometer verbunden.

Die Compensationswiderstände $C\,W$ und $C\,W'$ sind den Bolometerwiderständen völlig gleich, aus demselben Material und von gleicher Grösse. (Der unter 5. gegebenen Forderung ist also hiermit entsprochen). Da sie in die Quecksilbernäpfe nur lose eingesetzt sind, so kann man sie leicht herausnehmen, durch andere ersetzen und so zu jedem Bolometersatz auch die zugehörigen Compensationswiderstände vorräthig halten.

Hinweisen möchte ich noch besonders darauf, dass die Anordnung es gestattet, durch vorsichtiges Auffüllen der Quecksilbernäpfe N_3 und N_4 eine recht genaue Abgleichung der Widerstände zu erreichen.

Der Widerstand der Bolometerdrähte betrug	5,08 und 5,09 Ohm
Der Widerstand $C\,W + N_2\,J + Q/2$	5,075 Ohm
Der Widerstand $C\,W' + N_1\,J$	5,085 Ohm

Man sieht, dass, in den praktisch erreichbaren Genauigkeitsgrenzen, durch gleiche Widerstandsbelastung aller Zweige die höchste Empfindlichkeit der Brücke erreicht ist.

Den Constanten der Brücke entsprach das Galvanometer leider nicht ganz, da es einen Spulenwiderstand von 5 Ohm hatte. Es erreicht mithin, mit der Compensationsrichtung gekuppelt, das Maximum seiner Empfindlichkeit nicht, wenn es auch nicht weit dahinter zurückbleibt. Man könnte diesem Uebelstande allein durch eine neue, dem Zweck entsprechende, allerdings kostspielige Bewickelung abhelfen, da der Betrag des Bolometerwiderstandes mehr oder minder vom Zufall abhängig und als erstes Constructionselement zu betrachten ist, dem die anderen Glieder sich fügen müssen. Ich musste mich

damit begnügen, der ideellen Lösung möglichst nahe gekommen zu sein.

Die Manipulation mit der Brücke ist leicht verständlich. Die rohe Ausgleichung wird mit Hülfe des Sternrades *C* bewirkt, dann wird die Kuppelung eingerückt und durch den Mikrometer *S* eine genauere Nachstellung erreicht. Sobald die Kuppelung wieder gelöst ist, steht der Hebel *D*, welcher über die Quecksilberrinnen gleitet, mit dem Mikrometer in Verbindung und mit ihm kann nun die feinste Einstellung

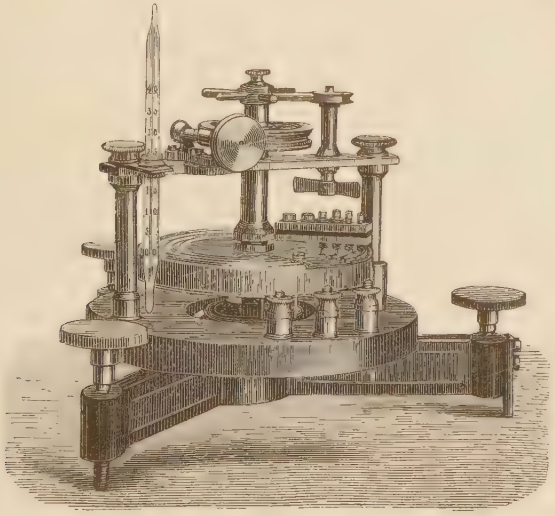


Fig. 1.

entweder direct am Apparat oder durch Schnurlauf vom Fernrohr aus erreicht werden.

Ausserdem ist das Instrument mit Thermometer und Rührvorrichtung versehen, falls man es zum Schutze gegen Temperaturschwankungen in eine Flüssigkeit — wozu sich seiner grossen Wärmeleitungsfähigkeit wegen Terpentinöl eignen würde — versenken will. Ich habe indes die Erfahrung gemacht, dass dadurch die gleitenden Quecksilbercontacte unsicher werden und ziehe deshalb eine gute Verpackung in ein Gefäss mit Watteschutz, welches dieselben Dienste leistet, der Einbettung in eine Flüssigkeit vor.

Die Compensationsbrücke hat mir bei mehrere Monate

langer, angestrengter Beanspruchung den Dienst niemals versagt und sich vortrefflich bewährt. Sie erleichtert die Arbeit ungemein. Hrn. Universitätsmechaniker Magnussen, welcher den complicirten Apparat nach meinen Angaben in vollendeter Weise ausgeführt hat, sage ich an dieser Stelle meinen besonderen Dank.

Aufstellung der Apparate.

Die Nebenapparate, welche der kleine Platinstreifen erfordert, der durch Widerstandserhöhung seine Temperaturzunahme verrathen soll, füllen ein ganzes Zimmer. Bei ihrer Aufstellung wird man von dem Gesichtspunkte ausgehen, dass sie alle vom Platze am Beobachtungsfernrohr aus gehandhabt werden müssen, da man selten über die Hülfe einer zweiten, zuverlässigen und geschulten Person verfügen wird. Durch die Lage der Fundamentsockel und eingemauerten Consolen ist die Hauptdisposition bereits gegeben und zugleich die freie Wahl der Plätze eingeschränkt. Eine Transmission ist dann nicht mehr zu umgehen.

Da die Verbindungsschnüre die freie Bewegung im verdunkelten Zimmer beeinträchtigen, müssen sie entweder unter dem Fussboden oder auf leichten Gerüsten in angemessener Höhe geführt werden.

Ich wählte die letztere Anordnung, weil dieselbe zugleich den Vortheil bequemer Führung der Stromdrähte bot. Jeder Zug war über leicht bewegliche Rollen geführt und bestand aus Hin- und Rückleitung, welche durch eine Gewichtscompensation stets straff gehalten wurden. Dadurch war jeder todte Gang vermieden, welcher bei feinen Einstellungen so lästig ist.

Zu den Leitungen waren lediglich Schnüre mit Kupfereinlage von reichlichem Querschnitt zur Verwendung gekommen; ebenso war zur Vermeidung von Inductionsströmen für eine bifilare Wickelung Sorge getragen. Es erwies sich ferner keineswegs als übertriebene Vorsicht, dass die Leitungsschnüre mit Watte umwickelt und zur Vermeidung vom Temperaturdifferenzen in möglichst gleicher Höhe geführt waren, ebenso dass jede Verbindungsstelle, auch wenn sie nicht aus heterogenen Metallen bestand, möglichst gut gegen Wärme-

schwankungen geschützt wurde. Die Zimmertemperatur wurde durch einen Gasofen während der Messungen stets auf 20° C. gehalten.

Das Knallgasgebläse wurde in einer Projectionslaterne untergebracht, deren Abzug mit dem Ventilationsschacht des Zimmers durch ein weites Zinkrohr verbunden war. Es war so Gewähr dafür geleistet, dass vom Brenner aus CO_2 und H_2O, Atmosphärilien, welche störende Absorptionsbanden im Wärmespectrum erzeugen, in das Zimmer nicht zu dringen vermochten.

Fig. 2 Taf. II stellt einen Plan des Arbeitsraumes dar. Von der Projectionslaterne *L* aus werden die von der glühenden Kalkplatte ausgesandten Strahlen durch eine Linse von 12 cm Brennweite auf den Spalt des Spectrometers concentrirt. Bevor sie jedoch dorthin gelangen, haben sie zwei Hindernisse zu passiren, welche durch Transmission vom Fernrohr aus in den Gang der Strahlen eingeschaltet werden können. S_1 ist ein vertical beweglicher, 0,8 mm dicker, hohler Schirm aus beiderseits polirtem Metall, welcher von kaltem Wasser durchströmt wird. Es dient zum Abschluss des Lichtes und der Wärme vom Spectrometer. Ausserdem wird durch passende grössere Blenden der Einfluss jeder unbeabsichtigten Nebenstrahlung von der Laterne zum Bolometer verhindert.

S_2 ist ein Apparat, welcher einem optischen Signale gleicht, das bestimmt ist, bunte Scheiben zu wechseln. Er enthält die jeweilig in den Gang der Wärmestrahlen einzuschaltenden Substanzen und ist ebenfalls vom Fernrohr aus beweglich.

Sp ist das Spiegelgalvanometer, *C* die schon beschriebene, kreisrunde Compensationsvorrichtung, welche mit der Batterie einerseits und dem Galvanometer andererseits durch Leitungsschnüre verbunden ist. Auch sie kann vom Beobachtungsplatze aus bedient werden.

Das Ablesefernrohr *F* ist vom Galvanometer *G* 4 m entfernt. Die Scala wurde, da ihr von dem kleinen Spiegel entworfenes Bild äusserst lichtschwach war, durch eine Reihe von Glühlampen möglichst intensiv beleuchtet.

Die Richtmagnete des Galvanometers waren, wie schon erwähnt, vom Fernrohr aus durch Mikrometertrieb und Schnur einzustellen.

Auf dem Tische T, rechter Hand vom Beobachter, befindet sich der Nebenschlusswiderstand für das Galvanometer und ist durch blanke Messingdrähte mit demselben verbunden.

Der von der Batterie kommende Hauptstrom durchfliesst den Stromwender Z, welcher zugleich als Ausschalter dient und geht dann durch den Widerstand W^1, der mittels Watteisolation gegen Temperaturschwankungen möglichst geschützt ist, zum Bolometer und dessen Nebenapparaten über.[1])

Im Nebenschluss zur Hauptleitung liegt das Siemens'sche Torsionsgalvanometer $S\,G$, welches, linker Hand vom Beobachter aufgestellt, die an den Klemmen der Batterie herrschende Spannungsdifferenz in jedem Augenblick abzulesen gestattet.

Beobachtungen.

Ehe ich mich den von mir ausgeführten Messungen selbst zuwende, will ich kurz das dabei beobachtete Verfahren skizziren.

Das Galvanometer ist zunächst gering astasirt und in seiner Empfindlichkeit durch einen starken Nebenschluss geschwächt, während vorläufig noch kein Strom durch das Bolometer fliesst. Vom Platz am Fernrohr aus werden dann die Richtmagnete so gestellt, dass auf einem geeigneten Theilstrich der Scala (etwa 500) die Ruhelage eintritt.

Dann wird der Strom geschlossen, den man vorläufig nur ganz schwach wählt, indem man bei einer Stromstärke von etwa 0,01 Amp. beginnt. Diese Vorsicht ist unbedingt nöthig, weil durch einen Stromschluss von grösserer Stärke oft der Galvanometerspiegel mit solcher Kraft aus der magnetischen Ruhelage geschleudert wird, dass die zarte Suspension Schaden leidet.

Der Nullpunkt wird nun im allgemeinen seine Lage mehr oder weniger geändert haben. Durch Verstellen am Sternrad der Compensationsbrücke wird die Coincidenz des magnetischen Nullpunktes mit dem Stromnullpunkt, wie wir ihn nennen wollen, wiederhergestellt. Darauf wird die Stärke des Hauptstromes etwas erhöht, während gleichzeitig das Galvanometer

1) Vgl. auch die, auf derselben Tafel dargestellte, schematische Schaltungsskizze.

durch Einschalten von Nebenschlusswiderstand mehr belastet wird. Die jetzt stärker auftretende Nullpunktwanderung wird wieder am Rade corrigirt, dann die Stromstärke wieder erhöht u. s. f., bis die Einstellung des Sternrades von freier Hand für das immer empfindlicher werdende System zu grob wird. Es muss nun die Kuppelung eingerückt und der Abgleichungsdraht mit dem Mikrometer und der Transmission vom Fernrohr aus bewegt werden. Die ganz feine und selbst für die höchste Empfindlichkeit ausreichende Einstellung wird sodann mit Hülfe der Quecksilberrinnen und des Contacthebels bewirkt, nachdem die Kuppelung auf diesen umgeschaltet worden ist. Das Galvanometer wird zuletzt ganz belastet sein und der Strom eine den Umständen angepasste Stärke erreicht haben.

Diese Art der Einstellung ist mühsam und erfordert viel Aufmerksamkeit, führt aber sicher zum Ziel, während die Methode, durch Probiren die für volle Empfindlichkeit und Stromstärke richtige Brückenstellung sofort zu finden, das Galvanometer in hohem Grade gefährdet. Uebrigens ist die Einstellung nur einmal nöthig. Späterhin darf der volle Strom sofort eingeschaltet werden und eine zarte Correctur wird im Allgemeinen genügen.

Als Stromquelle dienten 3 grosse Daniell-Elemente, welche parallel zu einander geschaltet, eine Spannung von nahezu 1 Volt zeigten und an Constanz einem Tudoraccumulator überlegen waren. Der Strom musste etwa eine Stunde eingeschaltet sein, ehe die Erwärmung der Widerstände überall gleich war und ein stationärer Zustand eintrat. Sobald das Galvanometer zur Ruhe gekommen war, wurde der Wasserschirm vor der Wärmequelle fortgezogen und der erste Ausschlag abgelesen.

Da im Allgemeinen sowohl der magnetische Nullpunkt, wie die durch das Stromgleichgewicht bedingte Ruhelage des Galvanometers Veränderungen unterworfen sind, welche sich im besten Falle aufheben, im schlechtesten addiren können, da ferner die Intensität des Knallgasgebläses, wie ich unten zeigen werde, in wenigen Minuten um zehn und mehr Procent schwanken kann, so kommt alles darauf an, die zu einer Wellenlänge gehörigen Ablesungen in möglichst kurzer Zeit

zu machen, um sie aufeinander beziehen zu können. Zu diesem Zweck richtete ich mein Augenmerk vorzugsweise auf die Construction technischer Hilfsmittel, mit denen die Ablesungen ebenso sicher wie schnell vor sich gehen.

Es erforderten an Zeit im Mittel:

Ablesung des ersten Ausschlages	2,5 sec.
Auswechseln oder Einschalten des Absorptionsgefässes	0,5 „
Controlle des Nullpunktes	6 „
Ablesung des zweiten Ausschlages	2,5 „
Controlle des Nullpunktes	6 „
Controlle der Intensität der Wärmequelle	2,5 „
	20,0 sec.

Eine vergleichende Messung zweier absorbirender Medien oder eines gegen die freie Strahlung konnte also in 20 sec. vollendet sein. Hierbei zeigte der Nullpunkt im Mittel eine Wanderung von 1 Scalentheil, welche jedoch bei einer probeweisen Mehrbelastung mit Strom bedeutend grösser wurde.[1])

Die Intensität der Wärmequelle war oft während mehrerer Ablesungen ganz gleichförmig, konnte sich jedoch unter Umständen so plötzlich und bedeutend ändern, dass es unangebracht wäre, einen Mittelwerth für diese Schwankungen als Correctur einzuführen. Es wurde daher bei jeder correspondirenden Messung auch die Aenderung in der Strahlungsintensität festgestellt. Dass diese Fehlerquelle von früheren Beobachtern wenig Würdigung erfahren hat, lässt sich nur dadurch erklären, dass sie die Ursache der Ausschlagänderungen in Strömungen erwärmter Luft, welche den Bolometerfaden umgiebt, gesucht haben, während sie im ungleichen Spiel des den Druck des comprimirten Sauerstoffes reducirenden Ventils zu finden ist. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man bei bestrahltem Bolometer den Augenblick abwartet, in welchem in Folge der Druckdifferenz das Ventil zu spielen beginnt. Sofort wird der Galvanometerausschlag sich um mehrere Theile ändern. Dieselbe Wirkung hat ein

1) Von Zeit zu Zeit war es nothwendig, den magnetischen Nullpunkt und den Stromnullpunkt so zu corrigiren, dass sie wieder zusammenfielen, was mit Hülfe der Transmissionsvorrichtungen und der Compensationsbrücke in wenigen Secunden möglich war. Das absolute Zusammenfallen ist natürlich nur ein idealer Fall und praktisch nicht erreichbar.

leichter Schlag auf das Reductionsventil. Ich führe diese Thatsache als Beweis dafür an, wie leicht man sich im Sitz einer Fehlerquelle irren kann, denn eine Strömung, welche ich künstlich im Bolometer hervorbrachte, störte die Messung kaum merklich.

Zu empfehlen wäre also die Benutzung eines gleichmässig belasteten Gasometers, das freilich durch öftere Füllung und bei dem ausserordentlichen Bedarf an Sauerstoff recht unbeqem werden dürfte.

Ich will nicht unerwähnt lassen, dass auch die Wahl des Brenners und der erhitzten Substanz von grosser Bedeutung ist und zweifle nicht daran, dass mit Hülfe des Linnemann'schen Zirkonbrenners — der mir leider nicht zur Verfügung stand — eine gleichmässigere Erwärmung zu erzielen wäre.

Dass der Einfluss aller Störungen auf das Resultat einer correspondirenden Messung um so grösser wird, je länger dieselbe dauert und je kleiner die Ausschläge werden, welche miteinander verglichen werden sollen, ist ohne weiteres verständlich.

Ein Einblick in die interessanten Verhältnisse bolometrischer Messungen kann daher nur dadurch gegeben werden, dass in den Messungstabellen auch die Galvanometerausschläge mitverzeichnet werden und nicht allein, die Absorptionswerthe was zu meinem Befremden Hr. Aschkinass thut.[1]) Ebenso habe ich mich nicht entschliessen können, die Absorptionscurven zu glätten und zu idealisiren, sondern sie sind durch möglichst ungezwungene Verbindung sämmtlicher Werthe entstanden. Dadurch haben sie ohne Zweifel an Schönheit eingebüsst, aber an Interesse gewonnen, indem sie das ungeschminkte Bild einer Messung darstellen. Die Correcturwerthe sind indess in den Tabellen beigefügt.

Es wurde von fünf zu fünf Minuten beobachtet, an interessanten Stellen jedoch in weit engerer Folge, ohne übrigens die Curve in ihrem Verlauf wesentlich zu verändern. Im allgemeinen wird daher eine Beobachtung von fünf zu fünf Minuten genügen und die Tabellen enthalten daher nur diese Werthe, sofern nicht durch die eine oder andere Zwischen-

1) Die weiter folgende Untersuchung einer wässerigen Eosinlösung bietet für den Werth der vollen Angaben ein schlagendes Beispiel.

messung etwas Neues zu Tage trat; zur Construction der Curven wurde jedoch in der bereits oben beschriebenen Weise alles Material herangezogen.

Das Spectrum wurde mehrere Male durchlaufen, wobei jedesmal und an jeder Stelle 6—8 correspondirende Messungen ausgeführt und durch das arithmetische Mittel zusammengefasst wurden. So stand im allgemeinen — wenn man die Zwischenmessungen und das wiederholte Aufsuchen fragwürdiger Punkte mit einrechnet — für jeden untersuchten Körper das erstaunlich hohe Characterisirungsmaterial von 600—800 Zahlen zur Verfügung.

Wenn a und b die zu vergleichenden Galvanometerausschläge sind, so wird die Absorption procentual ausgedrückt durch die Formel:

$$A = \left[100\left(1 - \frac{b}{a}\right)\right] \pm \varepsilon$$

wobei $b < a$.

Dabei ist ε eine Function sämmtlicher Störungen, welche sich in der Schwankung der Ausschläge ausdrücken. Das ausführliche Beispiel einer Messung möge das erläutern.

Deviatio minima	Correspondirende Ausschläge		Mittel der Ausschläge		Absorption in Proc.	Absorptionsverhältniss der äussersten Werthe	ε	n	λ
δ	a	b	a	b					
	82	70							
	81	69							
	82	70							
$40^0\,5'$	81	70	80,6	69,1	14,3	14,8	0,5	1,5329	1,140
	80	69			(14) [1]	(15) [1]	(1) [1]		
	79	68							
	79	68							

ε stellt sich also dar als $b' - a'$, wenn b' das Absorptionsverhältniss der äussersten, a' das Absorptionsverhältniss der mittleren Ausschlagswerthe darstellt; es ist die Unsicherheit in Procenttheilen, die relativ da am grössten werden kann, wo durch kleine Ausschläge kleine Absorptionsbeträge hervorgerufen werden.

An allen Stellen, an welchen sich Schwankungen der

1) Die Absorptionswerthe sind stets in abgerundeten Zahlen angegeben.

Wärmequelle zeigten oder an welchen Nachregulirungen des Gebläses oder Aenderungen der Spaltweite nöthig wurden, ist dies durch ein besonderes Zeichen (*) angedeutet.

Wegen vielfacher Störungen, welche sich während einer correspondirenden Messung zeigten, mussten etwa 20 Proc. aller Beobachtungen als zweideutig verworfen werden.

Fluorescirende Substanzen.

Zur Untersuchung fluorescirender Substanzen, deren Lösungsmittel ohnehin ein Vordringen weiter als bis zur Wellenlänge von etwa 3 μ nicht gestattet hätten, zeigte sich das bereits beschriebene Quarzprisma sehr brauchbar.

Die Substanzen gelangten zwischen plangeschliffenen 1 mm dicken Quarzplatten zur Untersuchung, deren Abstand von einander durch Einlagen geregelt und die in ihrer Stellung durch zwei Gewindestücke fixirt wurden (Taf. II).

Auf diese Art wurden zwei ganz gleich dimensionirte Gefässe hergestellt, von denen das eine die gelöste fluorescirende Substanz, das andere das Lösungsmittel allein enthielt. Bei beiden wurde die Durchstrahlung gemessen, indem sie an jeder Beobachtungsstelle etwa 6 — 8 mal, wie schon erwähnt, gegeneinander ausgewechselt wurden. So musste sich unbedingt der, von der fluorescirenden Substanz allein herrührende, Absortionsbetrag zeigen, wenn ein solcher überhaupt vorhanden war. Die Anordnung bot indess noch einen weiteren Vorteil. Es wäre nämlich bei Benutzung nur eines Gefässes gegen die freie Strahlung eine Correctur anzubringen gewesen, welche von dem Wärmeverlust durch Reflexion herrührt; zweitens wäre es nicht ausgeschlossen gewesen, dass die aus zwei Quarzplatten und der Flüssigkeit bestehende Vorrichtung, Strahlen bestimmter Wellenlänge stärker zurückgeworfen hätte als andere, mit anderen Worten, dass sie eine thermische Farbe besessen hätte.

Alle diese, die Messung complicirenden Umstände wurden also durch die Differenzbeobachtungen herausgeschafft.

1. Uranin.

Zur Untersuchung gelangte eine Lösung von 1 Gewth. Uranin in 1000 Gewth. absolutem Alkohol. Der Farbstoff, welcher von Schering (Berlin) bezogen war, fluorescirte in

dieser Lösung prachtvoll und zeigte im Spectralapparat eine sehr intensive Absorption der grünen und blauen Strahlen.

Untersuchte Schichtendicke $d = 0{,}5$ mm.

Tabelle II.

Deviatio minima δ	a	b	Absorption in Proc.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
	Ausschläge bei Strahlung durch						
	Alkohol	Uraninlösung					
40′	2	0	100	—	1,5506	0,476	
35	2	0	100	—	1,5496	0,490	
30	2	0	100	—	1,5487	0,504	
25	2,5	0	100	—	1,5478	0,520	
20	5	3,5	30	10	1,5469	0,535	
15	11,5	7,3	33	17	1,5459	0,552	
10	17	16,5	3	9	1,5450	0,571	
5	27,3	25,3	6	4	1,5441	0,590	(*)
41°	19	19	0	0	1,5432	0,615	
55	18	17,5	3	2	1,5423	0,638	
50	31,3	29,3	7	3	1,5413	0,675	Störung
45	51	50	2	0	1,5404	0,712	
40	73,2	66,4	9	3	1,5395	0,751	Störung
35	88,3	87	1	1	1,5385	0,792	
30	93	93	0	0	1,5376	0,832	
25	101	101	0	0	1,5367	0,883	
20	93,5	92,5	1	1	1,5357	0,942	(*)
15	100,5	100,5	0	0	1,5348	1,009	
10	112	110,5	1	1	1,5339	1,072	
5	107,5	107,5	0	0	1,5329	1,140	
40	102	102	0	0	1,5320	1,212	
55	101	101	0	0	1,5311	1,296	
50	83	83	0	1	1,5301	1,372	
45	65	65	0	2	1,5292	1,450	
40	73	73	0	0	1,5283	1,511	(*)
35	70	70	0	2	1,5274	1,572	
30	34	34	0	0	1,5264	1,632	(*)
25	29	29	0	0	1,5255	1,691	
20	37	37	0	0	1,5245	1,755	(*)
15	41	40,5	1	1	1,5236	1,819	
10	41	41	0	1	1,5226	1,886	
5	38	38	0	0	1,5217	1,949	
39	32	32	0	0	1,5208	1,989	
55	21	21	0	0	1,5198	2,040	
50	26	26	0	1	1,5189	2,080	(*)
45	18	18	0	0	1,5179	2,110	
40	12	12	0	0	1,5169	2,150	
35	5	5	0	1	1,5160	2,190	
30	7	7	0	1	1,5151	2,255	
25	6	6	0	?	1,5141	2,322	unsicher
20	4	4	0	?	1,5131	2,387	unsicher

Auf Grund dieser Zahlen wird man dem Uranin eine irgendwie nennenswerthe Absorption im Wärmespectrum bis zur Wellenlänge von 2,4 μ unbedingt absprechon müssen, selbst wenn man die hin und wieder, auch nach Berücksichtigung der Unsicherheit, noch verbleibenden sehr geringen Absorptionsbeträge gelten lassen will.

Uebrigens gibt das Bolometer — wie aus dem Beginne der Zahlenreihe ersichtlich — die dem Uranin eigenthümliche Absorption im sichtbaren Theile des Spectrums ganz unzweideutig an, an einer Stelle also, an der die Ausschläge der geringen Wärmestrahlung wegen nur sehr klein sind. Eine nur annähernd gleiche Erscheinung im Gebiete der längeren Wellen wäre mithin nicht zu übersehen gewesen.

Das Resultat darf einigermassen überraschen, da das ausserordentliche Verhalten des Uranins im sichtbaren Spectrum weitere Eigenthümlichkeiten in den tieferen Octaven erwarten liess.

Ich werde zeigen, dass auch die anderen von mir untersuchten fluorescirenden Substanzen in dieser Beziehung ein besonderes Verhalten aufweisen.

2. Eosin.

a) Alkoholische Lösung.

Untersucht wurde eine 100 proc. Lösung. Sie fluorescirte sehr intensiv und zeigte eine deutliche Absorption im Grün.

Schichtendicke $d = 0{,}5$ mm.

Tabelle III.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
40′	3,5	1,2	63	8	1,5506	0,476	
35	6	1	83	6	1,5496	0,490	
30	9	2	78	7	1,5487	0,504	
25	13,5	3	78	3	1,5478	0,520	
20	13	4,5	65	1	1,5469	0,535	
15	18	13	28	1	1,5459	0,552	
10	25,5	24	6	1	1,5450	0,571	
5	33	32	3	0	1,5441	0,590	

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
41°	46	46	0	0	1,5432	0,615	
55′	41	41	0	1	1,5423	0,638	
50	20,5	20,5	0	0	1,5413	0,675	(*)
45	29,5	29	2	1	1,5404	0,712	
40	40	40	0	0	1,5395	0,751	
35	54	54	0	0	1,5385	0,792	
30	54	54	0	0	1,5376	0,832	
25	69	69	0	1	1,5367	0,883	
20	83	83	1	0	1,5357	0,942	
15	98,5	97	1	1	1,5348	1,009	
10	85	85	0	0	1,5339	1,072	(*)
5	88	86,5	2	1	1,5329	1,140	
40	94	92	2	1	1,5320	1,212	
55	63,5	58,2	8	0	1,5311	1,296	(*)
50	58,2	53,6	8	0	1,5301	1,372	
45	52,7	44	16	2	1,5292	1,450	(*)
40	57,8	52,5	9	0	1,5283	1,511	
35	55	48	13	1	1,5274	1,572	
30	64	60	6	2	1,5264	1,632	(*)
25	42	38	10	1	1,5255	1,691	
20	51	45	12	1	1,5245	1,755	(*)
15	45,8	42	9	1	1,5236	1,819	
10	34,8	28,8	17	0	1,5226	1,886	
5	31,8	26,8	16	3	1,5217	1,949	
39	26	22	15	1	1,5208	1,989	
55	16	14,3	11	4	1,5198	2,940	
50	16,3	13,5	17	5	1,5189	2,080	
45	20	17	15	2	1,5179	2,110	(*)
40	7,5	7,5	0	(0)?	1,5169	2,150	Beginn d.
35	4	4	0	—	1,5160	2,190	Absorption d.
30	?	?	?	—	1,5151	2,255	Lösungsmitt.

Auch hier zeigt sich zu Anfang eine deutliche Absorption, welche offenbar von der sichtbaren Bande herrührt. Im Uebrigen aber kann von einer Absorption im Sinne einer ausgeprägten Bande, ebenso wie beim Uranin, weiterhin nicht gesprochen werden. Da sich jedoch etwa von der Wellenlänge 1,296 μ an dauernd eine ganz geringe Absorption zeigte, welche sich, durch eine Curve veranschaulicht, als flache Erhebung darstellen würde, so beschloss ich diese Messung, welche übrigens mehrere Male wiederholt wurde, durch eine zweite zu prüfen, indem ich gleichzeitig ein anderes Lösungsmittel wählte, nämlich Wasser.

Bemerkenswerth ist ferner, dass hier (ebenso wie oben beim Uranin), die Galvanometerausschläge von der Wellenlänge 2 μ an, ausserordentlich schnell kleiner werden und bei 2,2 μ

bereits so klein sind, dass sie nicht mehr mit einander verglichen werden können. Es rührt dies von dem Beginn einer Absorptionsbande des Lösungsmittels her und stimmt gut mit den Resultaten überein, welche Hr. Julius bei Alkoholen erhalten hat.[1])

Eosin.

b) wässrige Lösung.

Die Lösung fluorescirte nicht so stark, wie die alkoholische, zeigte aber immerhin noch eine ausgesprochene Bande im Grün.

Schichtendicke $d = 0{,}5$ mm.

Tabelle IV.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
42°40′	—	—	—	—	1,5506	0,476	
35	2	0,5	75	4	1,5496	0,490	
30	2,5	1	60	4	1,5487	0,504	
25	3	1	67	3	1,5478	0,520	
20	4,5	2	56	1	1,5469	0,535	
15	5	3	40	1	1,5459	0,552	
10	7	7	0	0	1,5450	0,571	
5	3	3	0	1	1,5441	0,590	(*)
41	3	3	0	0	1,5432	0,615	
55	7	7	0	0	1,5423	0,638	
50	9,5	9,5	0	2	1,5413	0,675	
45	14,5	14,5	0	0	1,5404	0,712	
40	22,5	21	7	1	1,5395	0,751	
35	28	28	0	2	1,5385	0,792	
30	38,3	36	6	1	1,5376	0,832	
25	46	45	2	1	1,5367	0,883	
20	57,5	54,5	5	1	1,5357	0,942	
15	66,5	63,5	5	0	1,5348	1,009	
10	106	97	8	1	1,5339	1,072	(*)
5	84,5	80	5	0	1,5329	1,140	
40	84	80	5	0	1,5320	1,212	
55	78	77	1	1	1,5311	1,296	
50	44	44	0	0	1,5301	1,372	Absorption
45	12	12	0	0	1,5292	1,450	des Wassers
40	22	22	0	0	1,5283	1,511	
35	44	44	0	1	1,5274	1,572	
30	47	46	2	1	1,5264	1,632	

1) Julius, Verh. d. Kongl. Akad. d. Wetenschaft (1) **1** Amsterdam 1892; Beibl. Wied. Ann. **17.** p. 34. 1893; Handb. d. Phys. (Winkelmann) Wärmestrahlg. (Graetz) 25. Lieferg. 1895. p. 283. — Das erste Maximum der Alkohole liegt bei etwa 3 μ; die Absorption beginnt jedoch schon weit früher, besonders bei der Dicke der von mir untersuchten Schicht, welche diejenige, mit der Julius arbeitete, um das Doppelte übertraf.

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
40° 25′	44	41	7	2	1,5255	1,691	
20	31	32	−3	3	1,5245	1,755	
15	25	24	4	1	1,5236	1,819	
10	0?	0?	—	—	1,5226	1,886	Absorption
5	0	0	—	—	1,5217	1,949	des Wassers
39	2	2	0	?	1,5208	1,989	
55	4	4	0	1	1,5198	2,040	
50	7	7	0	1	1,5189	2,080	
45	11	9	18	4	1,5179	2,110	?
40	2	2	0	?	1,5169	2,150	
35	1	1	0	?	1,5160	2,190	

Auch hier zeigte sich zu Anfang der Einfluss der sichtbaren Absorption; nur ist er etwas kleiner als bei der alkoholischen Lösung, was übrigens der geringeren Intensität der Fluorescenz gut entsprechen würde. [1]) Eine andere Erscheinung zeigt sich indes bei dieser Reihe, welche bei Angabe der Absorptionsbeträge allein gar nicht mehr sichtbar würde und um derentwillen ich oben darauf hingewiesen habe, wie wichtig unter Umständen auch die Angabe der Galvanometerausschläge werden kann.

Wir beobachten nämlich zwei Ausschlagminima, einmal bei 1,450 μ und dann bei 1,949 μ, an Stellen also, welche gerade der Controle unterworfen werden sollten. Sie konnten offenbar nur vom Einfluss des Wassers herrühren.

Ich hielt mich daher für verpflichtet, auch das Absorptionsspectrum des Wassers bei einer Dicke von 0,5 mm zu untersuchen, obgleich die Lagen, welche die Hrn. Paschen und Aschkinass für die Absorptionsmaxima geringerer und grösserer Wasserschichten gefunden hatten, vortrefflich mit den kleinsten Werthen meiner Ausschläge übereinstimmten. Ich komme später darauf zurück.

Meinem Wunsche, die Resultate der alkoholischen Eosinlösung zu controlliren, konnte also die wässrige Lösung nicht entsprechen, da sie gerade an den wichtigsten Stellen ein verschleiertes Bild gab.

1) Die Bande auch den kürzeren Wellen zu abzugrenzen, gelang, ebenso wie bei den vorhergehenden und folgenden Messungen, wegen der Kleinheit der Ausschläge, auch bei dieser Reihe nicht.

Ich musste darum eine Beobachtungsmethode anzuwenden suchen, welche voraussichtlich von solchen Störungen frei war und wählte dazu die Vertheilung des fluorescirenden Körpers in einer „festen Lösung", d. h. in erstarrter und eingetrockneter Gelatine. Das Verfahren war folgendes. Eine starke, unter allen Vorsichtsmaassregeln gereinigte und mit Leder und Federweiss polirte Spiegelglasplatte, wurde auf ein Gestell gebracht, das sich horizontal ausnivelliren liess. Wesentlich war das starke und gleichmässig kräftige Einreiben mit Federweiss, das so lange fortgesetzt werden musste, bis die Platte an allen Stellen eine homogene, ganz leichte Trübung angenommen hatte und schräg gegen das Tageslicht gehalten, etwas opalisirte.

Darauf wurde sie mit einer schwachprocentigen Collodiumlösung oder besser noch mit einer Lösung von Kautschuk in Petroleumäther übergossen und darauf durch aufgekittete, dicke Pappstreifen in gleich grosse Quadrate von etwa 6 cm Seite getheilt. In diese Abtheilungen wurde je die gleiche Menge 20 proc. Gelatinelösung eingegossen, welche vorher in einem heissen Wasserbade mehrere Male filtrirt war. Es durfte daher, nach dem Eintrocknen, eine gleiche Dicke der zu untersuchenden Schichten vorausgesetzt werden.

Dieser Gelatinelösung wurde die fluorescirende Substanz zugesetzt und zwar in solcher Menge, dass die Intensität der Fluorescenz ein Maximum wurde; gleichzeitig empfahl sich ein ganz geringer Zusatz von Carbol, um eine Pilzbildung hintanzuhalten.

Das Erstarren dauerte zwei Stunden, das Eintrocknen etwa zwei Tage, während welcher Zeit das Präparat kühl und staubfrei aufbewahrt werden musste. Dann genügte ein leichter Einschnitt mit einem scharfen Messer, um die Schicht sofort zum Abspringen zu veranlassen.

Die Gelatineplatten, welche beiläufig eine Dicke von 0,08 mm hatten, wurden glatt aufgespannt und in die Auswechselvorrichtung vor den Spalt des Spectrometers gebracht. Zur Verwendung gelangte jedesmal eine klare und eine fluorescirende Gelatineschicht. Da sie Neigung zum Werfen zeigten, so wurde darauf geachtet, dass die Bestrahlung nicht unnöthig lange dauernde.

Eosin.

c) In fester Lösung. $d = 0{,}08$ mm.

Trotz der Dünne der Schicht zeigte sich eine deutliche Absorption im Grün, welche sich auch in der bolometrischen Messung ausprägte, aber nach dem stark gebrochenen Theile des Spectrums zu nicht mit voller Sicherheit abzugrenzen war.

Tabelle V.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
42° 50′	1	1	0		1,5524	0,452	
45	1	1	0		1,5515	0,404	unsicher
40	1	1	0		1,5506	0,476	unsicher
35	1	1	0		1,5496	0,490	unsicher
30	1	1	0		1,5487	0,504	unsicher
25	2	1	50	4	1,5478	0,520	
20	2,5	0,5	80	8	1,5469	0,535	
15	3,5	1,5	57	3	1,5459	0,552	
10	5	4,7	6	3	1,5450	0,571	
5	7	7	0	1	1,5441	0,590	
41	10,2	9,8	4	2	1,5437	0,615	
55	14	13,8	1	1	1,5423	0,638	
50	23,2	21,8	3	2	1,5413	0,675	
45	30,3	30,3	0	0	1,5404	0,712	
40	48,6	48	1	0	1,5395	0,751	
35	65,5	65,5	0	0	1,5385	0,792	
30	84	84	0	0	1,5376	0,832	
25	104,7	102,6	2	1	1,5367	0,883	
20	134	134	0	0	1,5357	0,942	
15	158,6	158,6	0	0	1,5348	1,009	
10	176,9	176,9	0	0	1,5339	1,072	
5	186	186	0	0	1,5329	1,140	
40	190	190	0	1	1,5320	1,212	
55	185	185	0	0	1,5311	1,296	
50	175	175	0	0	1,5301	1,372	
45	174	174	0	0	1,5292	1,450	
40	166,3	164,3	2	1	1,5283	1,511	
35	154	154	0	1	1,5274	1,572	
30	138,5	135,7	2	1	1,5264	1,632	
25	126,5	124,5	2	0	1,5255	1,691	
20	108	108	0	1	1,5245	1,755	
15	91	91	0	0	1,5236	1,819	
10	85	85	0	1	1,5226	1,886	
5	78	78	0	0	1,5217	1,249	
39	72	70,5	2	0	1,5208	1,989	
55	44,5	41,8	6	1	1,5198	2,040	
50	41,6	39,6	5	0	1,5189	2,080	
45	36	34,5	4	0	1,5179	2,110	
40	28	28	0	2	1,5169	2,150	
35	27	26	4	1	1,5160	2,190	
30	29	28,3	3	1	1,5151	2,255	(*)

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
25′	27	27	0	1	1,5141	2,322	
20	25,2	23,2	8	2	1,5131	2,389	
15	35	32,2	8	1	1,5122	2,450	(*)
10	28,3	26,3	7	3	1,5113	2,513	
5	20	20	0	0	1,5103	2,575	
38°	17	17	0	1	1,5093	2,625	
55	16	16	0	0	1,5084	2,666	
50	9	9	0	1	1,5074	2,708	

Diese Messungsreihe ist allerdings frei von störenden Nebenerscheinungen; die Ausschläge steigen an und fallen ganz gleichförmig, wie es der spectralen Strahlungsvertheilung durch ein Quarzprisma entspricht, zugleich kann aber auch hier, im reinen Wärmespectrum, von einer irgendwie erheblichen Absorption kaum die Rede sein. Es zeigt sich allerdings von etwa $\lambda = 1{,}5\ \mu$ an, wie bei der alkoholischen Lösung eine ganz geringfügige, flache Erhebung, welche bei ihrem zweifelhaften Charakter jedoch sicher nicht zu der starken, durch Fluorescenz hervorgerufenen, Absorptionsbande im sichtbaren Spectrum in Beziehung gesetzt werden darf. Auch beim Eosin muss also eine Absorption im Gebiete der längeren Wellen bis zu $2{,}7\ \mu$ verneint werden.

Fluorescin.

In fester Lösung.

Der fluorescirende Stoff befand sich gleichfalls in fester Lösung. $d = 0{,}08$ mm.

Tabelle VI.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
20′	3	3	0	2	1,5469	0,535	
15	4	4	0	1	1,5459	0,552	
10	5	5	0	0	1,5450	0,571	
5	8	7,5	6	3	1,5441	0,590	
41°	12	11,5	4	4	1,5432	0,615	
55	15	14	7	5	1,5423	0,638	
50	23	23	0	1	1,5413	0,675	
45	30	30	0	1	1,5404	0,712	
40	28	26	7	2	1,5395	0,751	(*)
35	37	35	5	1	1,5385	0,792	
30	46,4	44,4	4	0	1,5376	0,832	
25	54,5	52,5	3	0	1,5367	0,883	
20	68	66	3	0	1,5357	0,942	

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
15′	79	75	5	1	1,5348	1,009	
10	78	75	4	0	1,5339	1,072	
5	82	78,5	4	0	1,5329	1,140	
40°	85	80	5	1	1,5320	1,212	
55	84,5	80,5	4	0	1,5311	1,296	
50	79	74,6	6	0	1,5301	1,372	
45	78	74,5	4	1	1,5292	1,450	
40	73	71,5	2	1	1,5283	1,511	
35	67	66	1	2	1,5274	1,572	
30	62	59,5	6	2	1,5264	1,632	
25	55	53	4	0	1,5255	1,691	
20	48,5	46,5	4	0	1,5245	1,755	
15	45,5	44,5	2	0	1,5236	1,819	
10	40	39,5	1	0	1,5226	1,886	
5	37,3	36,8	1	0	1,5217	1,949	
39	35,5	35	1	0	1,5208	1,989	
55	40	39,5	1	1	1,5198	2,040	
50	37	37	0	0	1,5189	2,080	
45	32,3	30,2	7	2	1,5179	2,119	?
40	31	31	0	0	1,5169	2,150	
35	28	28	0	0	1,5160	2,190	
30	27	27	0	0	1,5151	2,255	
25	24	24	0	1	1,5141	2,322	
20	24	24	0	0	1,5131	2,387	(*)
15	20	20	0	0	1,5122	2,450	
10	18	18	0	1	1,5113	2,513	
5	14	14	0	1	1,5103	2,575	
38	13	13	0	0	1,5093	2,625	
55	8	8	0	1	1,5084	2,666	
50	4	4	0	1	1,5074	2,708	

Entsprechend dem optischen Verhalten des Fluoresceins ergab die bolometrische Messung ebenfalls keine Absorption der sichtbaren Strahlen. Wenn sich eine dauernde geringfügige Absorption bemerkbar machte, so konnte sie unmöglich von der fluorescirenden Substanz herrühren. Es wurde deshalb noch einmal eine genaue Dickenmessung der Platten vorgenommen, wobei sich die fluorescirende Gelatine um eine Kleinigkeit stärker erwies als die leere. Nachdem neue Platten hergestellt waren — die Messung wurde bei 1,8 μ unterbrochen —, verschwand auch sofort der geringe Absorptionsbetrag.

Das Fluorescin zeigt mithin das gleiche Verhalten wie die vorher untersuchten Substanzen.

Aesculin.

$d = 0{,}75$ mm.

Das Absorptionsspectrum des Aesculins ist bereits von Hrn. Wesendonck mit Hülfe der phosphorographischen Methode untersucht worden, indem er erwartete, in der Nähe der Linie *A* im tiefen, bereits unsichtbaren Roth eine starke Absorptionsbande zu finden.[1]) Er folgte dabei der v. Lommel'schen Fluorescenztheorie[2]), nach welcher das Fluorescenzlicht des Aesculins (eines Körpers der II. Ordnung) als Differenzton zweier Erregungstöne angesprochen werden muss.

Nun absorbirt eine Aesculinlösung Schwingungen mit den Zahlen 725 1100; das Fluorescenzlicht selbst weist Schwingungszahlen von 325—730 auf. Sollen diese Schwingungen Differenztöne darstellen, so hätte man (nach Wesendonck) allerdings eine zweite — indirecte — Absorption durch das Aesculin bei den Schwingungszahlen 370—400, also in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie *A* im tiefen Roth zu erwarten. Wesendonck's Resultat war ein völlig *negatives* und auch meine mit dem Bolometer ausgeführten Versuche lassen, wie aus der abgedruckten kleinen Tabelle zu ersehen ist, keine Spur einer Absorption an der fraglichen Stelle erkennen.

Bemerken will ich hierzu, dass gleiche Differenztöne auch durch gleichzeitiges Erklingen der Farbentöne mit den Schwingungszahlen 725—1100 und 1425—1455 entstanden gedacht werden können, also durch indirecte Erregung ultravioletter Lichtarten. Der Nachweis wäre mithin nicht vom Bolometer, sondern von der photographischen Platte zu erwarten.

Jedenfalls ist das negative Resultat des Hrn. Wesendonck und mein eigenes, d. h. das Fehlen einer Absorptionsbande im tiefen Roth und Ultraroth an und für sich kein Beweis dafür, dass das Fluorescenzlicht des Aesculins (oder der Körper der II. Ordnung) nicht als durch Differenztöne entstanden gedacht werden könne.

---

1) Wesendonck, Wied. Ann. **23.** p. 548. 1884.

2) v. Lommel, Pogg. Ann. **143.** p. 38. 1871; Wied. Ann. **3.** p. 276. 1878; **10.** p. 449 und 631. 1880.

Tabelle VII.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
45′	38	36,5	4	4	1,5404	0,712	
40	55	55	0	0	1,5395	0,751	
35	88	87	1	1	1,5385	0,792	
30	88,8	87	2	1	1,5376	0,832	
25	107,5	104,5	4	1	1,5367	0,883	(*)
20	109	107	2	0	1,5357	0,942	
15	84	83,5	1	1	1,5348	1,009	(*)
10	98	97	1	0	1,5339	1,072	
5	98	97	1	0	1,5329	1,140	
40°	101	100	1	0	1,5320	1,212	(*)
55	98	95	3	1	1,5311	1,296	
50	79,2	74	6	3	1,5301	1,372	
45	20	17,5	12	2	1,5292	1,450	(*)
40	19	19	0	0	1,5283	1,511	

Chlorophyll.

$d = 3{,}2$ mm.

Mit einer Darstellung des thermischen Verhaltens des Chlorophylls möchte ich die Reihe der fluorescirenden Substanzen beschliessen.

Eine bolometrische Untersuchung dieses Körpers versprach eine reichere Ausbeute an positiven Resultaten. Das Absorptionsspectrum ist von mehreren Banden durchzogen, deren letzte sich im hellen Roth etwa zwischen den Linien C und B findet und daher auf das Bolometer nicht ohne Eindruck bleiben konnte.

Bei dem Versuche, mit dem Bolometer auch die Absorptionsbanden im sichtbaren Spectrum, etwa vom Grün ab, nachzuweisen, stiess ich auf ein Missverhältniss zweier wesentlicher Factoren. Die Wärmeintensität ist im grünen Gebiet noch sehr gering, mithin fallen die Galvanometerausschläge dort klein und unsicher aus. Wurde der Spalt bedeutend erweitert, so verschwand die schon an und für sich sehr verwaschene Bande im Grün völlig. Ein Verstärken der zu untersuchenden Schicht hatte aber wiederum ein erhöhtes Maass von Absorption zur Folge; indess war dies noch der beste Ausweg.

Da das Chlorophyll eine wichtige Rolle in der organischen Welt spielt und sein thermisches Verhalten für den Pflanzenforscher von Interesse ist, habe ich besondere Mühe auf die

Untersuchung dieses Körpers verwandt und die unten angegebenen Zahlen durch wiederholte Versuche möglichst sicher gestellt.

Tabelle VIII.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
20′	5,5	3	45	5	1,5469	0,535	
15	7,5	3	60	3	1,5459	0,552	
10	10	4,5	55	3	1,5450	0,571	
5	14	4	71	3	1,5441	0,590	
41°	16,5	4	76	0	1,5432	0,615	
55	24	5	79	0	1,5423	0,638	
50	29	9,5	67	2	1,5413	0,675	Ort der Absorptionsbande im sichtb. Spectr. zwischen *C* u. *B*.
45	48	41,5	14	2	1,5404	0.712	
40	58	56	3	1	1,5395	0,751	
35	83	78	6	1	1,5385	0,792	
30	81,5	77,5	5	1	1,5376	0,832	(*)
25	98	96,5	2	1	1,5367	0,883	
20	79,5	76	4	0	1,5357	0,942	
15	93	90	3	0	1,5348	1,009	
10	99,5	98	1	0	1,5339	1,072	
5	97	94,5	3	1	1,5329	1,140	
40°	84	83	1	0	1,5320	1,212	
55	98	96	2	0	1,5311	1,296	
50	82	80	2	0	1,5301	1,372	
45	37	37	0	0	1,5292	1,450	
40	20	20	0	0	1,5283	1,511	
35	14	14	0	0	1,5274	1,572	Bande des Alkohols?
30	21	21	0	0	1,5264	1,632	
25	13	12	8	0	1,5255	1,691	
20	19	18	5	0	1,5245	1,755	
15	29	29	0	0	1,5236	1,819	
10	27	25	7	0	1,5226	1,886	
5	21	15	40	?	1,8867	1,949	unsicher
38°	17	14,5	15	?	1,5208	1,989	

Das Resultat ist in doppelter Beziehung von hohem Interesse, einmal durch das Fehlen einer nennenswerthen Absorption im Ultraroth und dann durch das *überraschende thermische Verhalten des Chlorophylls im sichtbaren Spectrum* (Taf. III Fig. 1).[1])

Bereits v. Lommel hatte die Vermuthung ausgesprochen — soviel mir bekannt ist, auf Grund theoretischer Erwägungen —,

1) Unterhalb der Curve findet sich an zweiter Stelle eine Darstellung des Absorptionsspectrums, wie es dem Auge erschien; darüber das Wärmespectrum.

dass das Chlorophyll im Ultraroth eine Absorption nicht mehr zeigen könne. Becquerel[1]) hat diese Ansicht mittels der phosphorographischen Methode, späterhin Nichols[2]) mit der Thermosäule bis zur Wellenlänge $\lambda = 1{,}4\ \mu$ bestätigt. Meine Versuche erweitern das untersuchte Gebiet bis $\lambda = 2{,}0\ \mu$ mit demselben Resultat; die Stärke der angewandten Alkoholschicht scheint einstweilen ein weiteres Vordringen zu verbieten.

Besonders räthselhaft ist die starke Absorption, welche sich vom Grün bis zum sichtbaren Streifen im Roth erstreckt, ohne dass im Spectrometer an diesen Stellen nur eine Spur von Farbentrübung zu bemerken gewesen wäre. Die Bande zwischen *B* und *C* war dabei sehr intensiv sichtbar, ohne aber bolometrisch aus ihrer Umgebung hervorzutreten. Mit ihr findet die starke Absorption, den ultrarothen Strahlen zu, ein Ende.

Man könnte daran denken, dass sehr starke Chlorophyllschichten auch die gelben und grünen Strahlen absorbiren und dass bei dünneren Schichten die zuerst auftretenden gelben Strahlen sehr intensiv auf das Auge einwirken und daher heller erscheinen mögen, als sie es dem absoluten Betrage nach sind. Das Bolometer würde demnach unparteiischer urtheilen als unser Auge und an Stellen noch Absorptionsbeträge nachweisen, an welchen die überreizten Sehnerven ein sicheres Urtheil über die Lichtintensität verlieren.

Dieser Erklärung steht die Thatsache der deutlichen Sichtbarkeit der Bande im hellen Roth entgegen, welche sich bolometrisch von ihrem Grunde durchaus nicht abhebt.

Wenn ich mich nicht irre, wurde schon früher darauf hingewiesen, dass mit dem Bolometer oder der Thermosäule unsichtbare Banden im Sonnenspectrum nachgewiesen werden könnten. Meine Versuche dürften eine werthvolle Stütze für diese oft angezweifelte Behauptung gebracht haben. Ich begnüge mich damit, an dieser Stelle die Thatsache festzuhalten, ohne auf eine Erklärung einzugehen. Sie würde überdies nur schwer zu geben sein, wenn man nicht an den Grundideen der heutigen Naturanschauung rütteln wollte.

Auch mit der Nutzanwendung dieser Ergebnisse auf die

---

1) H. Becquerel, Ann. de chim. et phys. (5) **30.** p. 38. 1883.
2) Nichols, Phys. Review **1.** p. 1. 1892.

Vorgänge im Pflanzenleben möchte ich lieber zurückhalten und den Fachgelehrten die Entscheidung darüber überlassen, mit welchem Recht man das durch Alkohol extrahirte Chlorophyll für den Farbkörper der lebenden Pflanze selbst substituiren darf.

Leider verbot mir die Jahreszeit — die Versuche wurden im Februar unternommen —, die Messungen an den Blättern frischer Gewächse zu wiederholen. Ich weise darauf hin, dass sich besonders einige ausländische Ahornabarten, welche an demselben Stamme weisse und grüne Blätter tragen, für diese interessanten Versuche eignen würden.

Ebenso gelang es mir nicht mehr, Chlorophyll in anderen Schichtendicken zu untersuchen, da durch äussere Umstände und Störungen, auf welche ich noch zurückkomme, die Untersuchungen an Sicherheit und Werth einbüssten.

Am Schluss dieser Beobachtungen spreche ich das Resultat aus:

Die fluorescirenden Körper, Uranin, Eosin, Fluorescin, Aesculin und Chlorophyll, zeigen im Wärmespectrum bis zur Wellenlänge 2,7 μ keinerlei Absorptionsstreifen.

Eine Chlorophylllösung von 3,2 mm Dicke wies von der sichtbaren Bande im Roth an, den grünen Strahlen zu, ein Gebiet dauernd starker Absorption auf, welche für das Auge unsichtbar war.

Untersuchung von Wasser und Kaliumalaunlösung.

Wasser.

$d = 0{,}5$ mm.

Die Messungen an einer Wasserschicht wurden zunächst nur in der Absicht unternommen, um die oben bei der Eosinreihe ausgesprochene Vermuthung, die beobachteten Ausschlagminima könnten eine Absorptionserscheinung des Lösungsmittels sein, zu bestätigen. Nebenbei konnte dann die Messung auch dazu dienen, frühere Beobachtungen der Hrn. Paschen[1]) und Aschkinass[2]) zum Vergleich heranzuziehen.

1) Paschen, Wied. Ann. **51.** p. 21. 1894; **52.** p. 216. 1894; **53.** p. 334. 1894.

2) E. Aschkinass, Wied. Ann. **55.** p. 401. 1895.

Hr. Julius[1]) hatte das Absorptionsspectrum des Wassers ebenfalls, anfangs mit wenig Glück, untersucht, weil er zu dicke Schichten benutzte, dann aber eine dünnere Kochsalzlösung durchmessen, welche die Absorptionsbanden des Wassers deutlich zeigte.[2])

Breite und Intensität der Absorptionsbanden wachsen natürlich mit der Stärke der untersuchten Schicht. Einzelne Streifen von zarter Structur sind überhaupt erst bei bedeutenden Dicken wahrzunehmen, während dann gleichzeitig die kräftigeren verschwinden, indem sich Wellenberg und Wellenthal der procentischen Absorptionscurve erheben und schliesslich zu einem Niveau völliger Undurchlässigkeit ausgleichen. Unter diesen Umständen kann man verstehen, dass Absorptionscurven derselben, nur verschieden dicken Flüssigkeit, wenig oder gar keine Aehnlichkeit mehr miteinander aufweisen können.

Hr. Aschkinass untersuchte Wasser in Dicken von 0.01, 0.05, 10, 50 und 1000 mm. Es erschien daher die von mir zum Versuche benöthigte Schichtendicke von 0,5 mm nicht ungünstig, da sie einerseits noch eine Vergleichung mit den von Hrn. Aschkinass für eine Dicke von 0.05 mm gefundenen Werthen gestattete, andererseits doch etwas Neues brachte.

In der Aufstellung trat insofern eine Veränderung ein, als nun der Absorptionsbetrag des Wassers gegen die freie Strahlung untersucht, also eine so günstige Anordnung, wie sie bei der Untersuchung der fluorescirenden Substanzen zur Elimination der selectiven Reflexion möglich war, aufgegeben werden musste.

Es wurde daher zunächst eine Quarzplatte von 2 mm Dicke gegen die freie Strahlung untersucht, wobei sich ein bestimmter, nicht zu kleiner Absorptionsbetrag zeigte, der an allen Stellen des Spectrums der nämliche war und zugleich die Werthe für die Reflexion an der Grenze Luft—Quarz und Quarz—Luft enthielt. Eine selective Reflexion zeigte sich an

1) W. H. Julius, Verhandl. d. Kongl. Acad. d. Wetenschaften (Amsterdam) 1. Sct. Del. I. Nr. 1. 1892.

2) Auf phosphorographische Methode hat Becquerel das Wasserspectrum untersucht Ann. de chim. et phys. **30.** p. 1. 1883, nachdem Abney und Festing dasselbe bereits 2 Jahre früher photographirt hatten (Phil. Trans. **172.** p. 887. 1881.

keiner Stelle. Die Reflexionsbeträge an den Grenzen Quarz—Wasser und Wasser—Quarz durften wegen ihrer Geringfügigkeit unbedenklich vernachlässigt werden.

Der Correctionswerth, welcher von den in den folgenden Tabellen enthaltenen Absorptionswerthen zu subtrahiren ist, betrug 13 Proc.

Um locale Störungen möglichst zu vermeiden, wurden diese und die noch folgenden Messungen während der Nacht ausgeführt.

Tabelle IX.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
41°	8	7	12	2	1,5432	0,615	
55′	13	11	15	1	1,5423	0,638	
50	17	15	12	0	1,5413	0,675	
40	29,5	26,3	11	3	1,5395	0,751	
30	36	30	16	0	1,5376	0,832	
20	68	60,5	11	1	1,5357	0,942	(*)
15	78	69	12	0	1,5348	1,009	
10	84	74	12	0	1,5339	1,072	
5	67,5	59	13	0	1,5329	1,140	(*)
40	67,5	58	14	0	1,5320	1,212	
55	68	56,5	17	1	1,5311	1,296	
50	60	35	42	0	1,5301	1,372	
	67,3	25	63	0	1,5298	1,411	(*)
45	66,5	20	70	0	1,5292	1,450	
	65	20	69	0	1,5288	1,481	
40	61,8	26	58	1	1,5283	1,511	
35	56	33,5	40	1	1,5274	1,572	
30	50	33,4	33	1	1,5264	1,632	
25	45	29,3	35	0	1,5255	1,691	
20	41	24	41	0	1,5245	1,755	
	47	24	49	0	1,5241	1,787	
15	43,5	18	59	0	1,5236	1,819	
	40,5	13	68	0	1,5281	1,853	
10	39	5	87	0	1,5226	1,886	
	38	2,8	93	1	1,5222	1,918	
5	36,5	1,7	95	0	1,5217	1,949	
	35	1,7	95	0	1,5213	1,969	
39	32,5	2,2	93	0	1.5208	1,989	
55	33	5,3	84	1	1,5198	2,040	
50	38	10	74	0	1,5189	2,080	(*)
45	34	11	68	0	1,5179	2,110	
40	27,5	9	67	0	1,5169	2,150	
35	25	7	72	0	1,5160	2,190	
30	23,5	4,5	81	2	1,5151	2,255	
25	22	2	91	0	1,5141	2,322	
20	19,7	1	95	?	1,5131	2,387	
15	18	0,5	97	0	1,5122	2,450	

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
10′	16	0	100	—	1,5113	2,513	
5	13	0	100	—	1,5103	2,575	
38°	14	0	100	—	1,5093	2,625	
55	10	0	100	—	1,5084	2,666	

Wie man sich durch Vergleich leicht überzeugen kann, decken sich die Ausschlagminima der Eosinreihe mit den Absorptionsmaximis der Wasserreihe absolut. Es dürfte mithin bewiesen sein, dass die Störungen allein vom Lösungsmittel herrührten.

Ebenfalls eine vortreffliche Uebereinstimmung ergiebt sich mit den Angaben des Hrn. Aschkinass, dessen charakteristische Absorptionscurve für Wasser ($d = 0{,}05$ mm) der meinigen ausserordentlich ähnelt. Dass sie etwas niedriger als die hier gegebene erscheint, erklärt sich hinlänglich aus der verschiedenen Dicke der untersuchten Schicht (Taf. III Fig. 2).

Hr. Aschkinass gibt die ersten beiden Absorptionsmaxima zu $\lambda = 1{,}05\ \mu$ (breitere Bande) und $1{,}94\ \mu$ (schmälere Bande) an, was sich mit meinen Werthen zu $\lambda = 1{,}45\ \mu$ und $1{,}94\ \mu$ sehr gut verträgt. Nicht so gute Uebereinstimmung lässt sich mit den Messungen des Hrn. Paschen herstellen, welcher die Lage der Maxima zu $\lambda = 1{,}513\ \mu$ und $2{,}055\ \mu$ angiebt.

Um die Zwischenmessung am Wasser nach der praktischen Seite zu verwerthen, beschloss ich im Anschluss eine concentrirte Alaunlösung in gleicher Schichtendicke zu untersuchen.

Man ist noch vielfach der Ansicht, eine Alaunlösung gäbe als Kühlung in Projectionsapparaten, Mikroskopen etc. bessere Resultate als reines Wasser.

Diese Ansicht ist bereits widerlegt worden. Da meines Wissens jedoch eine spectrale Messung der Durchstrahlungsbeträge für Alaunlösung noch nicht vorliegt, so lasse ich hier die Tabelle folgen.[1])

Die Lösung war bei 20° C. concentrirt.

1) Allerdings sind bereits von Nichols Kaliumalaunlösung und Natriumalaunlösung mit einer Thermosäule spectral untersucht worden. Er gelangte indess nur bis zur Wellenlänge $\lambda = 1{,}4\ \mu$, ohne eine Verminderung der Diathermansie zu bemerken. Weiteres Vordringen um $0{,}05\ \mu$ hätte ihn die erste Absorptionsbande finden lassen (Phys. Rev. 1. p. 1. 1892).

Tabelle X.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
41°	6	5,2	12	0	1,5432	0,615	
50′	12	10,2	15	0	1,5413	0,675	
40	24	21	12	0	1,5395	0,751	
30	31	28	10	0	1,5376	0,832	
20	45,5	39	14	1	1,5357	0,942	
10	52	45,5	12	1	1,5339	1,072	
40	55,5	47	15	1	1,5320	1,212	
55	64	53	17	0	1,5311	1,296	
50	64	37,5	41	1	1,5301	1,372	
	57,5	22	62	1	1,5298	1,411	
45	61	18	70	1	1,5292	1,450	(*)
	63,5	20	69	1	1,5288	1,481	(*)
40	62	26	58	0	1,5283	1,511	
35	59	33	44	0	1,5274	1,572	
30	53	33,5	37	1	1,5264	1,632	
25	48,5	29	40	1	1,5255	1,691	
20	42,5	22	48	1	1,5245	1,755	
	43,5	21,8	50	0	1,5241	1,787	
15	41	17	59	0	1,5236	1,819	
	39,7	11	72	1	1,5281	1,853	
10	37	4	89	0	1,5226	1,886	
	35,5	2,4	93	1	1,5222	1,918	
5	32	1,4	96	0	1,5217	1,949	
	31	1,4	95	0	1,5213	1,969	
39	30,5	2,5	92	2	1,5208	1,989	
55	28	4	86	1	1,5198	2,040	
50	30,5	7,7	75	1	1,5189	2,080	(*)
45	29,1	8,2	72	1	1,5179	2,110	
40	24	7,4	69	0	1,5169	2,150	
35	23	6	74	0	1,5160	2,190	
30	22,5	4	82	1	1,5151	2,255	
25	21	2,6	88	2	1,5141	2,322	
20	18,3	1	95	?	1,5131	2,387	
15	17	?	100?	?	1,5122	2,450	
10	15,5	—	100	—	1,5113	2,513	
5	12	—	100	—	1,5103	2,575	

Ein Commentar zu dieser Reihe ist überflüssig. Die Absorptionscurve ist mit der des Wassers völlig identisch (Taf. III Fig. 2), mithin sind nicht nur die Durchstrahlungsbeträge beider Flüssigkeiten überhaupt, sondern auch die spectralen Vertheilungen derselben einander gleich. Man könnte sagen, dass für grössere Wellenlängen die Uebereinstimmung nicht fortzubestehen brauchte. Das ist möglich, obwohl unwahrscheinlich und kommt zudem praktisch nicht in Betracht, da Apparate, welche mit Kühlungen ausgerüstet

sind, Glaslinsen besitzen, welche grössere Wärmewellen absorbiren.

Interessant wäre aber die Untersuchung einer festen Alaunplatte gleicher Dicke gewesen, von der eine andere Absorptionsfähigkeit vorauszusetzen war. Es ist mir indess nicht gelungen, trotz vieler Bemühungen, eine Alaunplatte von 0,5 mm Stärke zu erhalten, da auch Steeg & Reuter sich ausser Stande erklärten, eine Platte so dünn abzuschleifen, ohne das spröde Material zu zerbrechen.

Sollte es mir dennoch gelingen, eine Platte von den vorausgesetzten Dimensionen zu erhalten, so behalte ich mir diese Messung vor.

Absorptionsspectra von Oelen.

Aetherische Oele.

Die ätherischen Oele zeigen wenig Uebereinstimmung in ihrer Zusammensetzung; zudem wird ihre Untersuchung durch den Umstand sehr erschwert, dass sie meist noch Gemenge von verschiedenen Oelen sind, deren Trennung schwierig ist.

Da mir eine Sammlung ätherischer Oele aus der Fabrik von H. König (Leipzig) zur Verfügung stand, welche sehr rein dargestellt waren, lag für mich die Veranlassung nahe, ihre Wärmeabsorption zu prüfen.

Es wurden zunächst nur solche ätherische Oele untersucht, welche lediglich aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, und nach ihren charakteristischen Vertretern Terpene oder Camphene genannt werden. Sie werden meist aus dem Holze oder den Beeren der Coniferen gewonnen und bilden eine Gruppe, deren Glieder nach der Formel C_5H_8 oder $C_{10}H_{16}$ zusammengesetzt sind. Sie bilden, auf Papier gebracht, einen Fettfleck, welcher jedoch wieder auftrocknet und verschwindet, ein Zeichen, dass man es mit einem reinen, noch unverharzten ätherischen Oele zu thun hat. Sie dürfen ebenso zwischen die Fingerspitzen gebracht und verrieben nicht im Geringsten kleben.

Eine zweite Gruppe ätherischer Oele, welche gleichfalls untersucht wurde, besteht ausser Kohlenstoff und Wasserstoff auch noch aus Sauerstoff. Es sind in der Hauptsache Oele aus

dem Körper der Labiaten, welche dieselben äusseren Merkmale wie die sauerstofffreien aufweisen.

Von jeder Gruppe standen mehrere Vertreter zur Verfügung. Einzelne Oele waren sogar in mehreren Sorten vorhanden und von der Fabrik durch Nummerirung unterschieden.

Ich wählte zu den Versuchen die klarsten und frischesten aus.

Verfahren wurde ebenso wie bei der Untersuchung des Wassers, d. h. die Oele wurden zwischen Quarzplatten gebracht und gegen die freie Strahlung untersucht. Es ist also auch hier die Correctur — 13 Proc. an den Absorptionswerthen der Tabellen anzubringen.

Da die Benutzung des Sauerstoffgebläses sich wegen des hohen Verbrauches an Sauerstoff sehr kostspielig stellte, so versuchte ich als neue Wärmequelle eine modificirte Křižikbogenlampe von 15—20 Amp. Stromstärke anzuwenden. Sie brannte jedoch nicht constant genug, um zu anderen als vorbereitenden und orientirenden Messungen Verwendung zu finden. Ich halte jedoch einen passend construirten Handregulator, der unter genauer Beobachtung eines empfindlichen Ampèremeters verständig bedient wird, für durchaus zweckmässig. Leider fehlte mir die Zeit, eine solche Construction zur Ausführung zu bringen.

a) Sauerstofffreie ätherische Oele.

1. Raffinirtes französisches Terpentinöl.

$d = 0{,}75$ mm.

Das Oel war vollkommen wasserklar und zeigte zu Anfang keine Absorption. Es mögen daher die Angaben der Werthe von 10 zu 10 Minuten bis zur Wellenlänge $\lambda = 1{,}2\ \mu$ zur Orientirung genügen.

Die Absorption, im Anfange sehr gering und zweifelhaft, wird stärker bei der Wellenlänge $1{,}36\ \mu$ und steigt dann rasch, um bei $\lambda = 1{,}69\ \mu$ ihr erstes Maximum zu erreichen. Darauf sinkt die Absorptionscurve (Taf. III Fig. 3) wieder herab (jedoch nicht mehr bis zum Anfangsniveau) und steigt dann bei $\lambda = 2{,}1\ \mu$ wiederum sehr steil an bis zur Wellenlänge $2{,}255\ \mu$, wo sie culminirt. Darauf folgt eine langsam stetige Abnahme.

Tabelle XI.

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
41°	5	4,5	10	10	1,5432	0,615	
50′	15,5	14,5	7	1	1,5413	0,675	
40	27,5	25	9	2	1,5395	0,751	
30	50,5	44,5	12	0	1,5376	0,832	
20	74	67,5	9	1	1,5357	0,942	
10	84,7	72,7	14	4	1,5339	1,072	
40°	87,7	72	17	2	1,5320	1,212	
	96	86	10[1])	2			
55	90	80,5	11	1	1,5311	1,296	
50	87,3	76,3	13	1	1,5301	1,372	
45	87,5	75,5	14	1	1,5292	1,450	
40	62	55,7	10	0	1,5283	1,511	
35	86,5	76,5	12	2	1,5274	1,572	(*)
30	76,5	57	25	0	1,5264	1,632	
	71	44,5	37	0	1,5260	1,662	
25	64,5	38	41	0	1,5255	1,691	
	56	35,5	37	1	1,5250	1,723	
20	47,5	32	33	2	1,5245	1,755	
15	34	26,5	22	2	1,5236	1,819	
10	35,5	26,2	21	1	1,5226	1,886	
5	29,5	23	22	1	1,5217	1,949	
39	45	35,7	21	1	1,5208	1,989	(*)
55	40	31,5	21	1	1,5198	2,040	
50	37,5	28,5	24	0	1,5189	2,080	
45	33	23,8	28	1	1,5179	2,110	
	28	18,5	34	2	1,5174	2,130	
40	38	18	53	0	1,5169	2,150	(*)
	41,3	14,2	66	0	1,5165	2,170	(*)
35	37,2	7,9	79	1	1,5160	2,190	
30	33,2	5,7	83	1	1,5151	2,255	
25	30,5	7,8	74	0	1,5141	2,322	
20	25,8	7	73	0	1,5131	2,387	
15	22	6	73	0	1,5122	2,450	
10	20,5	6	71	0	1,5113	2,513	
5	14	4	71	0	1,5103	2,575	
38	16	5,6	65	1	1,5093	2,625	(*)
55	11	4,1	63	1	1,5084	2,666	
50	7	3	57	?	1,5074	2,708	

Die äusserst charakteristische Curve behielt bei mehrfach wiederholten Messungen stets gleiche Form.

Will man die durch die Quarzplatten absorbirte Strahlung in Anrechnung bringen, so ändert man dadurch an der Gestalt der Curve nichts, sie sinkt nur auf ein tieferes Niveau. Es ist eine solche Correctur an derselben nicht vorgenommen

1) Die Zahl stammt aus einer späteren Messung.

worden, weil sich dann zu Anfang geringe negative Ordinatenbeträge gezeigt hätten, welche natürlich auf Messungsfehlern beruhen.

2. Oleum juniperi e baccis.

Wachholderöl.

$d = 0{,}45$ mm.

Die zur Untersuchung vorliegende Oelprobe erwies sich als in geringem Maasse verharzt.

Dem Zustande der Verharzung gehen bei längerer Aufbewahrung alle ätherischen Oele entgegen, indem sie Sauerstoff aus der Luft aufnehmen und einen Theil davon in Ozon umwandeln. Sie nähern sich aber dabei durchaus nicht der Zusammensetzung der sauerstoffhaltigen ätherischen Oele, es bildet sich vielmehr bei diesem Vorgang ein neuer Körper, das Harz.

Es war für mich von Interesse zu erfahren, ob eine geringe Verharzung eines sauerstofffreien Oeles auf die Absorption von Einfluss sein würde.

Das Oel war aus den Beeren des Wachholders gewonnen und von der Fabrik mit der Marke I versehen. Es zeigte eine lichte Bernsteinfarbe.

Tabelle XII.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
40°50′	32,7	27	17	5	1,5413	0,675	
45	42	34	19	2	1,5404	0,712	
40	52,5	46	12	1	1,5395	0,751	
35	56	54,5	2	2	1,5385	0,792	
30	77	72	6	2	1,5376	0,832	(*)
25	98,3	89	9	4	1,5367	0,883	
20	96	87	9	2	1,5357	0,942	(*)
15	108	99,3	8	1	1,5348	1,009	
10	75,5	69,3	8	4	1,5338	1,072	
5	91,8	81,8	11	4	1,5323	1,140	(*)
40	60	53	12	10	1,5320	1,212	(*)
55	66	58,7	11	5	1,5311	1,296	
50	84,3	74	12	1	1,5301	1,372	
45	84,5	73,5	13	0	1,5292	1,450	
40	79,3	70	12	2	1,5283	1,511	
35	75,5	65,5	13	0	1,5274	1,572	
30	69	53	23	0	1,5264	1,632	
	86	62	28	0[1])	1,5260	1,662	
25	61	43	29	4	1,5255	1,691	
	78,5	53	32	1[1])	1,5250	1,723	

1) Diese Werthe sind aus einer späteren Messung hier eingesetzt.

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
20′	73	58,3	20	2	1,5245	1,755	
15	64	54	16	0	1,5236	1,819	
10	58,5	47,5	19	0	1,5226	1,886	
5	45,5	35	23	2	1,5217	1,949	
39	43	33	23	0	1,5208	1,989	
55	36	25	30	0	1,5198	2,040	
50	30	22	27	0	1,5189	2,080	
45	27,5	17,5	36	0	1,5179	2,110	
40	27	13	52	0.	1,5169	2,150	
35	24	5,5	77	0	1,5160	2,190	
30	25,5	7,5	71	0	1,5151	2,255	(*)
25	21,5	7	77	1	1,5141	2,322	
20	19,5	6	69	2	1,5131	2,387	
15	18,5	6,5	65	2	1,5722	2,450	
10	14	4	64	0	1,5113	2,513	
5	13	4	69	0	1,5103	2,575	
38	20	9	55	2	1,5093	2,628	(*)
55	16	7	56	0	1,5084	2,666	
50	6,3	3,2	49	?	1,5074	2,708	
45	4	?	?	?			

Der Verlauf der Absorptionscurve (Taf. III Fig. 5a) ist identisch mit der des Terpentinöls und von dem Einfluss der leichten Verharzung ist nichts zu bemerken. Um jedoch ganz sicher zu gehen und zugleich, um die Zuverlässigkeit meines Bolometers zu prüfen, liess ich dieser Messung noch eine zweite bei grösserer Schichtendicke folgen.

Oleum juniperi e baccis.

$d = 0{,}9$ mm.

Tabelle XIII.

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
41°	8	7	12	0	1,5432	0,615	
55′	15	14	7	0	1,5423	0,638	
50	23	21	9	3	1,5413	0,675	
45	31	27,5	11	2	1,5404	0,712	
40	45	40,5	10	1	1,5395	0,751	
35	63	57	9	0	1,5385	0,792	
30	78	73	6	0	1,5376	0,832	
25	76	67,3	11	2	1,5367	0,883	
20	64,7	58,3	10	4	1,5357	0,942	(*)
15	81	77,5	4	1	1,5348	1,009	
10	93,5	85	9	1	1,5339	1,072	
5	99,5	85,5	14	2	1,5329	1,140	
40	106,5	97	9	3	1,5320	1,212	
55	106,5	98	8	0	1,5311	1,296	
50	70,5	60,5	14	0	1,5301	1,372	(*)

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
45′	87,3	72,3	17	4	1,5292	1,450	
40	79	70	11	1	1,5283	1,511	
35	76,7	64,3	16	1	1,5274	1,572	
30	67	45	33	0	1,5264	1,632	
	63,5	34,5	46	0	1,5260	1,662	
25	59,5	30,5	49	0	1,5255	1,691	
	70,5	41	42	0	1,5250	1,723	(*)
20	66	44	43	0	1,5245	1,755	
15	74,3	52	30	1	1,5236	1,819	(*)
10	69	47,5	31	1	1,5226	1,886	
5	68	45	34	0	1,5217	1,949	
39°	59,5	39	34	1	1,5208	1,980	
55	52,5	30	43	1	1,5198	2,040	
50	48	24	50	0	1,5189	2,080	
45	46,3	21,7	53	2	1,5179	2,110	
40	42,3	10,5	75	0	1,5169	2,150	
	40	9	78	0	1,5165	2,170	
35	37,5	3,5	91	0	1,5160	2,190	
	39	4	90	0	1,5156	2,223	(*)
30	36	4	89	0	1,5151	2,255	
25	35,3	6	83	0	1,5141	2,322	
20	30	5	83	0	1,5131	2,387	
15	27	5	81	0	1,5122	2,450	
10	24,3	4	84	0	1,5113	2,513	
5	19	3	84	1	1,5103	2,575	
38	18	4	78	1	1,5093	2,625	
55	12,7	3	77	0	1,5084	2,666	
50	8,2	3,5	57	2	1,5074	2,708	

Diese wie die vorangehende Messungsreihe stimmen in ihren Anfangswerthen nahezu überein, bez. schwanken diese um denselben Mittelwerth. Man wird daher nicht fehl gehen, wenn man dem Wachholderöl bis zur Wellenlänge 1,55 μ eine nennenswerthe Absorption abspricht und die Curve als gerade sanft ansteigende Linie darstellt. Von $\lambda = 1{,}55\ \mu$ an erhebt sie sich über die zur Schichtendicke 0,45 mm gehörige Curve, indem sie überall ihre Gestalt nachahmt (Taf. III Fig. 5b). Die Curven berühren oder schneiden sich durchaus nicht und geben einen guten Beweis für die Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit des Bolometers.

b) Sauerstoffhaltige ätherische Oele.

1. Oleum rosmarini.

$d = 0{,}75$ mm.

Vom Rosmarinöl lagen zwei Sorten vor, die eine aus französischen, die andere aus italienischen Pflanzen hergestellt. Beide gelangten in derselben Schichtendicke zur Untersuchung.

Tabelle XIV.

a) Oleum rosm. italic. b) Oleum rosm. gallic.

δ	a	b	Abs.	ε	Bemerkungen	λ	n	a	b	Abs.	ε	Bemerkungen
41°	12	10,5	12	4		0,615	1,5432	17,3	14,7	15	2	
55′	15	14,5	3	3		0,638	1,5423	26,5	23	15	0,5	
50	19,3	17,6	9	4		0,675	1,5413	40	38	5	0	
45	18,5	17	8	2		0,712	1,5404	56,5	50	11	0,5	
40	50,3	44	12	3	Aenderung in der Brennerstellung	0,751	1,5395	77	70,5	8	0	
35	57	47	17	0		0,792	1,5385	97,5	89,5	8	0	
30	66	61	8	1		0,832	1,5376	81,3	74,3	9	1	
25	73	65,7	10	4		0,883	1,5367	91,3	81,7	11	1	
20	78	70,3	6	6		0,942	1,5357	97,3	90,7	7	1	
15	81	72	11	1		1,009	1,5348	100,5	89	11	0	
10	81,3	74,3	9	2		1,072	1,5339	108	96	11	1	
5	93,5	87,5	12	0		1,140	1,5320	102	90	12	0	
40	103,5	90,5	12	0		1,212	1,5329	97,5	89	9	0	
55	103,5	91,5	12	0		1,296	1,5311	92,5	84	9	0	
50	93	82	12	0		1,372	1,5301	81,5	71	13	2	
45	92,5	78,5	14	1		1,450	1,5292	75	65,5	13	0	
40	88	76	14	1		1,511	1,5283	70,5	62	12	0	
35	83	72	13	0		1,572	1,5274	62,5	55	12	0	

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	Bemerkungen	λ	n	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	Bemerkungen
30′	73	60	13	0		1,632	1,5264	56,5	43	24	0	
25	66	38,5	42	0		1,691	1,5255	50,5	32	32	0	
20	59	42	29	0		1,755	1,5245	44,7	32,3	31	2	
15	49,7	36,7	26	2		1,819	1,5236	43	32,5	24	0	
10	44,5	33	26	0		1,886	1,5226	53	38,5	27	0	(*)
5	41,5	32	23	0		1,949	1,5217	48,5	36,5	26	0	
39	44,5	33	26	1	(*)	1,989	1,5208	48,5	35,5	27	0	
55	39	28	28	1		2,040	1,5198	55	40	27	0	(*)
50	37	25,5	31	1		2,080	1,5189	45,5	30	33	2	
45	34	23	32	2		2,110	1,5179	38,5	25	35	0	
40	27	11,5	57	1		2,150	1,5169	32,3	14	57	0	
35	26,5	4,2	84	2		2,190	1,5160	34	6,5	81	2	
30	24,5	4	84	1		2,255	1,5151	29,5	6	80	0	
25	26,5	5	81	1	(*)	2,322	1,5141	27	5,5	80	1	
20	22,5	4	82	1		2,387	1,5131	28,5	5,5	81	2	
15	19,5	4,7	76	1		2,450	1,5122	24,5	5,5	78	1	
10	16,5	4	76	2		2,513	1,5113	19,7	7	64	3	
5	18	4,5	75	3	(*)	2,575	1,5103	21	5,7	73	4	(*)
38	13	4	69	3		2,625	1,5093	17,5	5,5	69	3	
55	12	4	67	?		2,666	1,5084	16,5	5,5	67	2	
50	6,5	3	54	?		2,708	1,5074	8,5	2,5	71	3	

Ich durfte gespannt sein, inwiefern sich der Gehalt an Sauerstoff bemerklich machen würde. Er konnte die an den sauerstofffreien Oelen beobachteten Banden verstärken oder schwächen, deren Lage verändern oder endlich neue Banden hervorrufen.

Die Absorptionscurven beider Oele stimmen nicht völlig überein (Taf. III Fig. 6). Bei Oleum rosm. gallic. zeigt sich die erste Bande schwächer und breiter. Dieses Resultat stammt aus mehreren Versuchen und die Differenz beider Curven ist an dieser Stelle so gross, dass ich sie nicht auf Kosten von Messungsfehlern zu setzen wage. Von Bedeutung ist, *dass die Curve mit der der sauerstofffreien Oele gleich läuft* und dass der Sauerstoffgehalt des Rosmarinöls sie durchaus nicht verändert hat. Eine geringe Abnahme der Maximalwerthe erwies sich als Folge einer Aenderung in der Schichtendicke. Die weiterhin untersuchten sauerstoffhaltigen Oele zeigen diese Erscheinung nicht mehr.

2. Oleum lavendulae.

$d = 0{,}75$ mm.

Das Lavendelöl war in drei verschiedenen Sorten vorhanden; zur Untersuchung gelangte die hellste.

Tabelle XV.

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
41°	16,7	14,6	12	4	1,5432	0,615	
55′	27	19,5	23		1,5423	0,638	
50	28,7	24,5	10	2	1,5413	0,675	
45	34,7	30,3	12	3	1,5404	0,712	
40	52,5	46,5	11	0	1,5395	0,751	
35	68	61,5	9	0	1,5385	0,792	
30	87	78	10	1	1,5376	0,832	
25	81,7	74,3	9	2	1,5367	0,883	
20	89	76,5	14	1	1,5357	0,942	(*)
15	79	72,3	8	2	1,5348	1,009	
10	72	66,5	8	0	1,5339	1,072	
5	73	64	12	1	1,5329	1,140	
40	84,3	75,3	11	3	1,5320	1,212	(*)
55	77,3	65,5	15	1	1,5311	1,296	
50	73,7	62	16	1	1,5301	1,372	
45	75	62,5	17	0	1,5292	1,450	
40	72,5	63,5	12	0	1,5283	1,511	
35	68	57,5	16	0	1,5274	1,572	
30	71,3	55,7	22	2	1,5264	1,632	(*)
	68,7	44,3	35	2	1,5260	1,661	
25	74,5	45,5	39	0	1,5255	1,691	(*)
	73	45,7	37	3	1,5250	1,723	
20	64,5	47,5	26	2	1,5245	1,755	

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
15′	60,3	48	20	1	1,5236	1,819	
10	57,3	45,3	21	3	1,5226	1,886	
5	55,5	41	26	1	1,5217	1,941	
39°	58	45,5	22	0	1,5208	1,989	(*)
55	51,7	34,7	33	1	1,5198	2,040	
50	44	28	36	0	1,5189	2,080	
45	39	24,5	37	0	1,5179	2,110	
	35	21,5	39	0	1,5174	2,130	
40	34	14	59	0	1,5169	2,150	
	31	8,5	73	1	1,5165	2,170	
35	39	7,7	80	2	1,5160	2,190	
30	37	6,7	82	1	1,5151	2,255	
25	32,5	8	75	1	1,5141	2,322	
20	29,7	7,5	75	1	1,5131	2,387	
15	25,3	6,8	73	2	1,5122	2,450	
10	21	7,5	64	1	1,5113	2,513	
5	18	6,7	63	2	1,5103	2,575	
38	15	5,2	65	2	1,5093	2,625	
55	14,5	7	52	1	1,5084	2,666	
50	8	3,5	41	5	1,5074	3,708	

Die Messung am Lavendelöl bestätigt das oben Gesagte. Auch hier zeigt sich von einem Einfluss des Sauerstoffs nichts. Die Curve hat wiederum an derselben Stelle den kleinen vorgelagerten Berg mit der darauf folgenden äusserst charakteristischen hohen und steilen Klippe.

3. Oleum sassafras verum.

$d = 0{,}75$ mm.

Das kostbare Oel war trotz langer Aufbewahrung noch in bestem Zustande und gab, auf einem heissen Platinblech verdunstet, nicht den geringsten Rückstand. Im Gegensatz zu den bisher untersuchten Vertretern dieser Gruppe zeigte es eine tiefbraune Farbe.

Tabelle XVI.

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
41°	10.2	8,2	20	3	1,5432	0,615	
55′	15	11,5	23	3	1,5423	0,638	
50	23	19,5	15	2	1,5413	0,675	
45	32	29,5	8	1	1,5404	0,712	
40	29	27,4	5	5	1,5395	0,715	(*)
35	37,5	35	7	2	1,5385	0,792	
30	54	49	9	2	1,5376	0,832	
25	61,6	57	7	4	1,5367	0,883	

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
20′	72	62,5	13	1	1,5357	0,942	
15	62.5	57	9	0	1,5348	1,009	(*)
10	71	63	11	0	1,5339	1,072	
5	63,7	59,3	7	1	1,5329	1,140	
40°	83	76	8	0	1,5320	1,212	(*)
55	79	74	6	0	1,5311	1,296	
50	73,5	67,5	8	0	1,5301	1,372	
45	66,5	62,5	6	1	1,5292	1,450	
40	65,7	59	10	0	1,5283	1,511	
35	59	51,5	13	1	1,5274	1,572	
30	67,5	47,5	30	1	1,5264	1,632	(*)
	59	39,5	33	0	1,5260	1,661	
25	63,5	44	31	0	1,5255	1,691	
	71	53	25	0	1,5250	1,723	(*)
20	68	51,5	24	0	1,5245	1,755	
15	57	47,2	17	1	1,5236	1,819	
10	53,2	45	13	0	1,5226	1,886	
5	52	43,5	16	1	1,5217	1,949	
39	45	35,3	21	2	1,5208	1,989	
55	43,5	33,5	23	2	1,5198	2,040	
50	49	29,5	40	1	1,5189	2,080	(*)
45	42,7	23	46	2	1,5179	2,110	
40	41	13,7	67	0	1,5169	2,150	
35	39	9,5	76	0	1,5160	2,190	
30	44	10,5	76	1	1,5151	2,255	(*)
25	39	9,5	76	1	1,5141	2,322	
20	35,5	10	72	1	1,5131	2,387	
15	30,5	9	70	1	1,5122	2,450	
15	28,5	8	72	1	1,5113	2,513	
5	20	5,2	74	1	1,5103	2,575	
38	17	7	59	0	1,5093	2,625	
55	16,5	7,5	55	1	1,5084	2,666	
50	8,5	4,2	51	2	1,5074	2,708	

Die Messung am Sassafrasöl bestätigt die am Lavendel- und Rosmarinöl gemachten Beobachtungen. Die Absorptionscurve verläuft in gleichem Sinne (Taf. III Fig. 4).

Allerdings zeigt sich eine ganz geringe Verschiebung des ersten Absorptionsmaximums den grösseren Wellenlängen zu, nämlich um etwa 0,03 μ. Einen Einfluss des Sauerstoffgehaltes vermag ich indess hierin nicht zu erblicken, da sowohl das Rosmarinöl wie das Lavendelöl keine Spuren einer Verschiebung erkennen lassen.

Auch die zweite Absorptionsbande weist zwar keine Verschiebung des Maximums auf, zeigt aber eine geringere Verbreiterung nach der Seite grösserer Schwingungszahlen. Auch dieser Betrag ist sehr gering und mag der Vollständigkeit

halber erwähnt sein, ohne dass ich ihm irgend eine Bedeutung zusprechen möchte. Man stelle sich nur die Curve so auf einen getönten Streifen projicirt vor, dass dessen Schattirung um so dunkler ausfällt, je stärker die Absorption ist. Es kommt dann durch Hell und Dunkel ein Bild des Wärmespectrums zu Stande, wie es ein Auge empfinden würde, das für trägere Aetherschwingungen empfänglich wäre.

Man wird dann erkennen, dass die Verschiebung eines Maximums um 0,03 μ, hervorgerufen durch einen Absorptionsbetrag, welcher sich auf Kosten des nachfolgenden Werthes um nur 2 Proc. vergrössert hat, gar nicht in die Erscheinung treten würde.

Bei einigen der Messungsreihen habe ich unterhalb der Curven derartige Darstellungen der Spectra gegeben, indem ich eine dünne Lösung chinesischer Tusche in gleichmässigen Lagen um so öfter auftrug, je grösser an der betreffenden Stelle die Absorption war. Diese Zeichnungen erleichtern den Vergleich ungemein.

Die bei der Messung der ätherischen Oele gefundenen *Resultate* fasse ich in folgenden Sätzen zusammen:

Bis zur Wellenlänge 2,7 μ zeigen alle von mir untersuchten ätherischen Oele zwei Maxima der Absorption, welche, miteinander durch einen Streifen geringer Absorption verbunden, immer die gleiche Lage aufweisen. Während bis zur Wellenlänge 1,55 μ keine nennenswerthe Absorption stattfindet, zeigt sich von $\lambda = 1{,}55\ \mu$ an der Einfluss der ersten (schwächeren) Bande, welche bei $\lambda = 1{,}69\ \mu$ ihr Maximum erreicht und nach beiden Seiten nahezu gleichmässig an Intensität verliert. Die zweite (intensivere) Bande ist bedeutend breiter und gelangt schnell an Kraft zunehmend, bei $\lambda = 2{,}2\ \mu$ zu einem Maximum, um dann bis zu $\lambda = 2{,}7\ \mu$ nur wenig an Stärke einzubüssen.

Der Gehalt an Sauerstoff bringt keine bemerkbare Veränderung hervor.

Auf die wenig zahlreichen Vertreter einer dritten Gruppe ätherischer Oele, welche ausser Kohlenstoff und Wasserstoff auch Schwefel enthalten, möchte ich noch hinweisen. Sie stammen aus dem Körper der Lauchgewächse und zeichnen sich durch ihre Schärfe aus. Es sind Verbindungen des Radicals Allyl (C_3H_5) complicirter Natur. Als Beispiele mögen

das Knoblauchöl (Schwefelallyl) und das ätherische Senföl [dem Rhodanallyl (Schwefelcyanallyl) (C_3H_5CNS) isomer] erwähnt sein. Ihre Untersuchung dürfte sich vielleicht lohnen.

Meine Bemühungen, das einzige feste ätherische Oel, den Campher, zu untersuchen, scheiterten völlig, da es mir nicht gelang, ihn in brauchbarer Plattenform zu erhalten oder herzustellen.

c) Fette Oele (Fette).

Olivenöl.

$d = 0{,}75$ mm.

Die Fette, obwohl der Hauptsache nach ebenfalls aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehend, zeigen in ihrer chemischen Zusammensetzung keine Aehnlichkeit mit den ätherischen Oelen. Sie werden aus dem Thierkörper (z. B. Leberthran, Knochenöl) oder auch aus Pflanzentheilen (z. B. Olivenöl, Mandelöl) hergestellt und hinterlassen, auf Papier gebracht, einen dauernden Fettfleck.

Von ihnen wählte ich zur Untersuchung das Olivenöl aus, welches ich mir in genügender Reinheit beschaffen konnte.

Tabelle XVII.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
41°	9,5	7	23	7	1,5432	0,615	
50′	19	16	16	1	1,5413	0,675	
40	53	46	13	0	1,5395	0,751	(*)
30	68	59,5	12	1	1,5376	0,832	
25	83	74,5	10	1	1,5367	0,883	
20	92	81,5	11	0	1,5357	0,942	
15	88,5	78	12	2	1,5348	1,009	
10	97	89	8	0	1,5339	1,072	(*)
5	81,5	72,5	11	1	1,5329	1,140	
40	82	71	13	1	1,5320	1,212	
55	81	72,5	11	1	1,5311	1,296	
50	74	65	11	0	1,5301	1,372	
45	71	63	11	0	1,5292	1,450	
40	66,5	60,5	9	1	1,5283	1,511	
35	68	61	10	0	1,5274	1,572	
30	63	54	14	0	1,5264	1,632	
25	58	38	34	2	1,5255	1,691	
20	50	34	32	0	1,5245	1,755	
15	57	43	25	1	1,5236	1,819	(*)
10	48	39,5	18	0	1,5226	1,886	
5	45	37	18	0	1,5217	1,949	

δ	a	b	Abs.	$\lvert\varepsilon\rvert$	n	λ	Bemerkungen
39°	58	48	17	0	1,5208	1,989	(*)
55′	53,5	43	20	0	1,5198	2,040	
50	46	36	22	0	1,5189	2,080	
45	40	30	25	0	1,5179	2,110	
40	40	26,5	34	0	1,5169	2,150	
35	38,5	14	64	0	1,5160	2,190	
30	38,5	5	87	0	1,5151	2,255	
25	40	6,5	84	1	1,5141	2,322	(*)
20	36,3	6,6	82	1	1,5131	2,387	
15	32	6,8	79	1	1,5122	2,450	
10	30	10,5	65	2	1,5113	2,513	
5	24,5	9	63	1	1,5103	2,575	
38	19	8	58	0	1,5093	2,625	
55	17,5	7,7	56	1	1,5084	2,666	
50	10,3	5	51	1	1,5074	2,708	

Von dem Ergebniss dieser Messung war ich ausserordentlich überrascht. Ich hatte ein Absorptionsgebiet durchaus neuer Art erwartet und fand *eine Curve, welche sich von der der ätherischen Oele in nichts unterschied.* Anfangs war ich versucht, meinen Apparaten an der stereotypen Form der Curve, welche mir immer wieder begegnete, Schuld zu geben. Allein mit derselben Anordnung waren auch die Wasser- und Alaunlösungscurven gefunden und hatten neue und einwandfreie Resultate ergeben.

Nachdem ich mich von der Richtigkeit der gefundenen Werthe durch mehrfache Nachmessungen an den charakteristischen Stellen überzeugt hatte, durfte ich nur noch dem Gehalt an *Kohlenstoff* und *Wasserstoff* einen Antheil an der Absorption zusprechen und zwar immer denselben an den gleichen Stellen des Spectrums. Hierbei schien es *gleichgültig* zu sein, *in welchen Verhältnissen die beiden Elemente aneinander gebunden waren.*

Es lag mir daher daran, noch einen reinen Kohlenwasserstoff zu untersuchen. Ich wählte dazu das Petroleum, welches als ein Gemenge der Kohlenwasserstoffe zweier homologer Reihen, der Aethylenreihe C_nH_{2n} und der Aethanreihe C_nH_{2n+2}, besonders der Glieder mit höherem Kohlenstoffgehalt, aufzufassen ist.

Das zur Messung verwandte Petroleum war von Sauerstoff völlig befreit.

Tabelle XVIII.

δ	a	b	Abs.	ε	n	λ	Bemerkungen
41°	9,5	8,8	7	5	1,5432	0,615	
50′	18	15,8	12	1	1,5413	0,675	
40	36,5	32	12	1	1,5395	0,751	
35	45,8	41	10	1	1,5385	0,792	
30	59	52,5	11	1	1,5376	0,832	
25	65	57,3	12	3	1,5367	0,883	
20	77,3	70	10	1	1,5357	0,942	
15	80	72	10	0	1,5348	1,009	
10	93,5	83	11	2	1,5339	1,072	
5	99	90,5	9	0	1,5329	1,140	
40	98,5	89	10	1	1,5320	1,212	
55	109	96	12	0	1,5311	1,296	
50	93,8	84	10	0	1,5301	1,372	
45	84,5	74	12	1	1,5292	1,450	
40	80,5	72	11	2	1,5283	1,511	
35	84	76	10	0	1,5274	1,572	(*)
30	74	66,5	10	1	1,5264	1,632	
25	64,5	54	16	1	1,5255	1,691	
20	61	37	39	0	1,5245	1,755	
15	64	43,5	32	0	1,5236	1,819	(*)
10	54	42,5	21	0	1,5226	1,886	
5	50	40	20	0	1,5217	1,949	
39	48,5	38	22	1	1,5208	1,989	
55	47	38,3	19	0	1,5198	2,040	
50	43	36	16	0	1,5189	2,080	
45	43,5	34,3	21	1	1,5179	2,110	
40	36	27	25	0	1,5169	2,150	
35	39	26,5	32	1	1,5160	2,190	(*)
30	37	16,5	55	1	1,5156	2,223	
30	35,5	7,5	79	1	1,5151	2,255	
25	34	5,4	84	2	1,5141	2,322	
20	35	6	83	1	1,5131	2,387	
15	30,5	6,5	79	1	1,5122	2,450	
10	27	7,8	71	4	1,5113	2,513	
5	22,5	8	65	5	1,5103	2,575	
38	17,3	7,5	57	4	1,5093	2,625	
55	14,5	5,6	61	1	1,5084	2,666	
50	11	6	46	12	1,5074	2,708	

Die Absorptionscurve des Petroleums[1]) erhebt die oben über den Einfluss des Kohlenstoffes und Wasserstoffes ausgesprochene Vermuthung fast zur Gewissheit. Denn, wenn man die Genauigkeitsgrenzen der Beobachtungsmethode in

1) Wie sich erst später herausstellte, sind bei dieser Reihe, durch eine Störung im Spectrometer, die Wellenlängen um 0,05 μ zu gross angegeben. Die auf Taf. III gegebene Curve muss also um diesen geringen Betrag nach links verschoben gedacht werden.

Rechnung zieht, ist eine bessere Coincidenz der Petroleumcurve mit den Oelwerthen wohl kaum zu erwarten.

Weitergehende Folgerungen auf Grund des vorliegenden, relativ noch geringen Materials zu ziehen, wäre gewagt. Man muss es der Folgezeit überlassen, mehr experimentelle Grundlagen zu schaffen, deren Festlegung die Arbeitskraft eines Einzelnen bei weitem übersteigt.

Wir dürfen annehmen, dass die absorbirten Wärmestrahlen, ebenso wie die absorbirten Lichtstrahlen, für eine Substanz charakteristisch sind und dass eine Beziehung besteht zwischen den Schwingungsperioden der Wärmestrahlen und den Bewegungen, welche die Theilchen des absorbirenden Mediums ausführen.

Meine Resultate scheinen darauf hinzudeuten, dass diese Bewegungsvorgänge in*ter*molecularer und nicht in*tra*molecularer Natur sind. Ob dabei an einen absoluten Synchronismus zu denken ist, lasse ich dahingestellt. Dagegen würde sprechen, dass nirgends eine scharf charakterisirte Absorptionsbande, eine isolirte Auslöschung einer bestimmten Wellenlänge, festzulegen ist, wie wir sie im sichtbaren Spectrum in grösster Anzahl vorfinden. Ueberall zeigt sich eine starke Verwaschung, an welcher man der Unvollkommenheit des Bolometers keine Schuld geben darf. Ein eng und fest begrenztes Gebiet thermischer Dunkelheit würde zweifellos sein klares bolometrisches Abbild finden.

Meine Untersuchungen reichen bis zur Wellenlänge 2,7 μ, umfassen also das Gebiet von praktischer Bedeutung. Inwieweit ein ferneres Vordringen noch von wissenschaftlichem Interesse wäre, ist schwer zu sagen; jedenfalls war die Aussicht auf neue Resultate den enormen Kosten gegenüber, welche die Neuanschaffung von Linsen, Spiegeln und Prismen verursacht hätte, verschwindend gering.

Ich habe es trotzdem nach dieser Richtung an Bemühungen nicht fehlen lassen und durch besondere Güte ein sehr kostbares Fluoritprisma leihweise erhalten, welches zwar optisch nicht ganz einwandfrei, aber immerhin brauchbar war. Die grosse gläserne Concentrationslinse wurde aus dem System entfernt und durch einen polirten Broncespiegel von 25 cm

Durchmesser ersetzt, welcher sich jedoch als unfähig erwies, Strahlen mit kleineren Schwingungszahlen zu reflectiren. Zur Beschaffung einer grossen Flussspathlinse fehlten aber im Augenblicke alle Mittel.

Durch die Einführung der electrischen Beleuchtung in den Strassen der nächsten Umgebung wurden zudem die Messungen, am Tage an und für sich schon unsicher, auch am Abend und Nachts so sehr erschwert und zweideutig, dass ich im Interesse der Sache auf die Veröffentlichung der wenigen Werthe, welche ich mit dem Fluoritprisma unter grossem Zeitaufwande noch bis zur Wellenlänge 3,8 μ erhalten habe, verzichte. Sie brachten überdies nichts Neues. Vielleicht entschliesst sich der eine oder der andere Besitzer einer vollständigen Flussspathausrüstung die Versuche fortzusetzen.

In dem heftigen Kampfe der „Energetiker" mit den Vertretern der Annahme, dass die Auflösung der Erscheinungen in ein System bewegter Massenpunkte als das letzte Ziel der Naturerklärung zu betrachten sei, wird nicht zuletzt die experimentelle Untersuchung der Absorption von Wärmewellen ein Wort mitzusprechen haben, zumal da ein weiteres Vordringen auf diesem Gebiet vielleicht auch den erhofften Anschluss an die längeren Wellen electrischer Kraft erreichen lässt. Ehe man freilich daran gehen darf, diese letzte Brücke zu schlagen, müssen die Fundamente auf beiden Ufern mehr noch als bisher durch ausgedehnte und systematisch vertheilte Arbeit verstärkt und gesichert werden.

Einen bescheidenen Beitrag in dieser Hinsicht sollte auch die vorliegende Arbeit bringen.

Zum Schlusse ist es für mich eine angenehme Pflicht, den Hrn. Professoren v. Lommel und Graetz, sowie Hrn. Dr. Fomm, welche meine Bemühungen jederzeit in ausgiebigster Weise durch Rath und That unterstützt haben, an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Anhang.

Die Frage nach dem Einfluss der Störungen, welchen ein inmitten einer grossen Stadt gelegenes, electrischen und anderen Präcisionsmessungen dienendes Institut durch moderne Verkehrs-

und Beleuchtungseinrichtungen unterworfen ist, hat zwischen Physikern und Electrotechnikern einen auf beiden Seiten mit grosser Erbitterung geführten Kampf hervorgerufen. Es gibt kaum eine hervorragende Anstalt, deren Gutachten bisher eingeholt wurde, welche sich nicht unter Aufbietung aller Kräfte gegen die Einführung von Starkströmen in ihrer Umgebung verwahrt hätte; oft mit wenig Erfolg.

Das neue physikalische Institut der Münchener Universität ist ohne Zweifel eines der am besten eingerichteten in Deutschland; aber auch in ihm machen sich die in Rede stehenden Einflüsse in bemerkenswerther Weise geltend, namentlich seit der im December 1895 in den Strassen des Nordviertels durchgeführten electrischen Beleuchtung. Die Beobachtungen, welche ich darüber anstellen konnte, dürften vielleicht nicht ohne Interesse sein. Sie boten sich bei meinen bolometrischen Messungen nebenher und machen daher nicht den geringsten Anspruch auf Vollständigkeit und Abgeschlossenheit.

Bei den starken Wanderungen, welche der Nullpunkt des Galvanometers ausführte, lag zunächst der Gedanke an erdmagnetische Einflüsse nahe. Um Gewissheit darüber zu erhalten, beobachtete ich gleichzeitig mit der Galvanometerscala diejenige eines Magnetometers, was unter Benutzung desselben Fernrohres und mit Hülfe eines total reflectirenden Prismas leicht gelang. Es zeigte sich nun allerdings eine gewisse Abhängigkeit, welche aber keineswegs genügte, um damit auch nur einen kleinen Bruchtheil der Nullpunktswanderungen zu erklären. Ich konnte mich in der Folge gegen den Einfluss der Variationen in der Intensität des Erdmagnetismus schützen, indem ich die Spulenebene des Galvanometers in den magnetischen Meridian drehte, wobei ein glücklicher Umstand es fügte, dass gleichzeitig die Eisenmassen, welche von den im Kellergeschoss liegenden grossen Gasmotoren und Dynamomaschinen dargestellt wurden, in dieselbe Richtung kamen. Die Inbetriebsetzung der grossen, zum Laden der Accumulatorenbatterie dienenden Maschine hatte im Fernrohr nunmehr nur noch eine Verschiebung von 3—4 Scalentheilen zur Folge.

Ganz anders verhielt es sich mit den magnetischen Störungen, welche ausserhalb des Gebäudes durch Verschiebung grösserer Eisenmassen eintraten und welche, weil sie stets

unvorhergesehen kamen, manche Messung verdarben. So gab das Vorüberfahren einer Strassenbahnlocomotive ein Schwanken von 25—35 Scalentheilen und das Abladen und Aufbringen von grossen schmiedeeisernen Trägern in einem benachbarten Neubau machte die Messungen so schwierig, dass ich sie an diesem Tage aufgeben musste.

Ein schmiedeeiserner Mantel, welchen ich zum Zwecke magnetischer Schirmwirkung um das Galvanometer legte, gewährte keinen Schutz, wahrscheinlich, weil seine Wandungen zu dünn waren.

Die magnetischen Störungen schwanden fast gänzlich, wenn mit Beginn des Abends im Strassenverkehr, auf den Bauten und in den Werkstätten Ruhe eintrat. Unstetigkeiten, welche dann noch blieben, zeigten einen wesentlich anderen Charakter und konnten nur durch electrische Einflüsse erklärt werden. Sie traten durch zuckende Bewegungen des Galvanometerspiegels in die Erscheinung, welche oft sehr rasch verliefen.

Bei dem grossen Interesse, welches dieser Gegenstand für mich hatte, habe ich längere Zeit auf sein Studium verwandt. Ich nahm Curven auf, welche die täglichen Störungen, sowohl ihrer Intensität als ihrer Frequenz nach darstellten, und ich glaube auf Grund dieses Beobachtungsmaterials über die wesentlichen Ursachen der Störungen nicht mehr im Zweifel zu sein.

Der Boden Münchens ist bei der grossen Ausdehnung der electrischen Beleuchtung, welche fast nur durch Bogenlampen in Reihenschaltung erfolgt, von umherirrenden electrischen Erdströmen sicherlich völlig durchseucht. So trat denn auch stets zur Zeit der Dämmerung ein Störungsmaximum auf, charakterisirt durch heftiges Schwanken und starkes Zucken der Scala im Fernrohr, welches offenbar dem Einschalten der verschiedenen Stromkreise und dem störrischen Einreguliren der Lampen in Reihenschaltung entsprach.

Die stossartigen Schwankungen am Tage hatten, wie sich bald herausstellte, ihre Veranlassung im Hause selbst.

Eine electrische Starkstromanlage, selbst wenn sie so vortrefflich durchgeführt ist, wie in dem neuen Gebäude, lässt sich nie ganz ohne Erdschluss herstellen. Wenn dieser auch

so gering ist, dass er von dem Electrotechniker vernachlässigt wird, so wirkt er doch bereits störend auf alle feineren Galvanometer, namentlich weil er in seiner Intensität, bedingt durch den *Feuchtigkeitsgehalt des Bodens*, durch die *Säurewanderung im Accumulatorenraum* etc. beständig schwankt. Ich habe das durch Parallelbeobachtungen an einem Galvanometer, welches mit einem Pol an die Erde geschlossen und mit dem anderen mit verschiedenen Punkten der Leitung verbunden war, unzweideutig nachgewiesen. Durch Aufsuchung und Ausbesserungen der meist durch *Wandfeuchtigkeit* entstandenen Isolationsschäden konnte ich die Galvanometerablesung auch am Tage bedeutend verbessern.

Die Trockenheit im Accumulatorenraum scheint von besonderer Bedeutung zu sein. Sie wird sich freilich nur schwer erreichen lassen.

Die Säure wandert, wie man sich leicht überzeugen kann, über den Rand und die äussere Wandung der Zellen und bildet allmählich einen Nebenschluss, welcher bei einer Spannung von 120 Volt durchaus nicht gering ist.

Die Porzellanisolatoren, auf welchen die Kästen stehen, bieten dabei auf die Dauer keinen Schutz. Sichern habe ich mich gegen diese Einflüsse nicht können.

Besonders auffallend war es, dass die electrischen Erdströme sich nicht in allen Präcisionsmesszimmern des Instituts in gleicher Weise bemerklich machten, dass es vielmehr eine Zone gab, in welcher die Störungen häufiger und stärker auftraten. Sie lag fast von Südost nach Nordwest und durchzog das Gebäude in beträchtlicher Breite.

Dieser gewiss bemerkenswerthe Umstand legte mir den Gedanken nahe, die von äusseren Stromquellen herrührenden electrischen Störungen in Zusammenhang mit dem *Grundwasser* Münchens zu bringen, welches durch den undurchlässigen Untergrund merkwürdige Wendungen und Scheidungen erfährt. Diese Vermuthung müsste natürlich durch eingehende Untersuchungen noch unterstützt werden. Vielleicht würde eine amtliche Untergrundkarte einigen Aufschluss bringen.

Die Messungen waren, vor Einführung der electrischen Strassenbeleuchtung des Nordviertels, am sichersten in der Nacht bei trockenem Wetter, besonders gut bei gelindem Frost.

Da die genaue Feststellung der Störungsconstanten
das Institut von höchstem Interesse ist, so wäre es eine gew
recht lohnende Aufgabe, diesen Dingen reichlicher, als es
nebenher möglich war, Zeit und Kraft zu widmen. Bei
nauer Kenntniss aller Ursachen würden sich dann auch Mit
zur Abhülfe finden lassen.

München, Phys. Inst. der Univ., im Februar 1896.

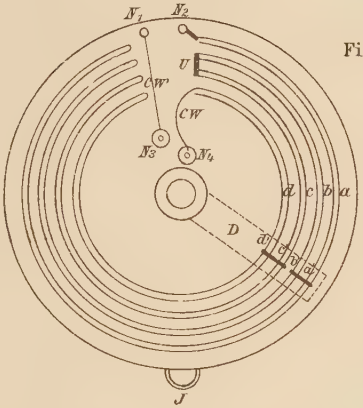


Fig 3.

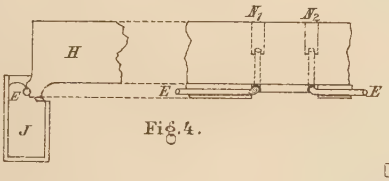


Fig 4.

Fig.2.

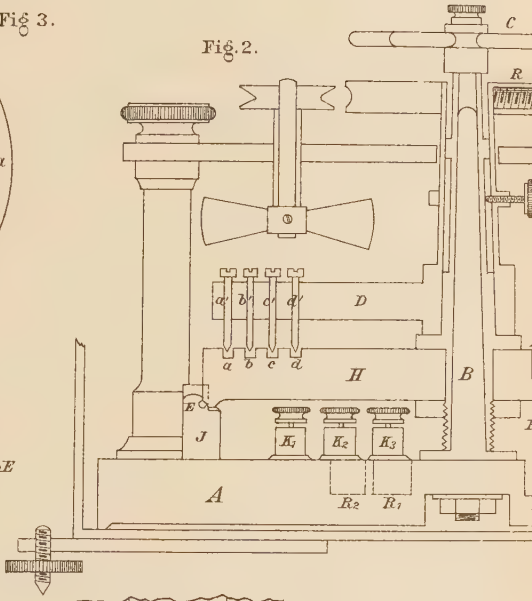
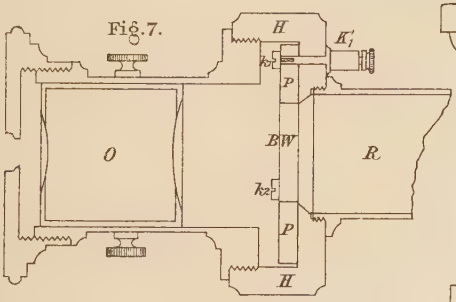
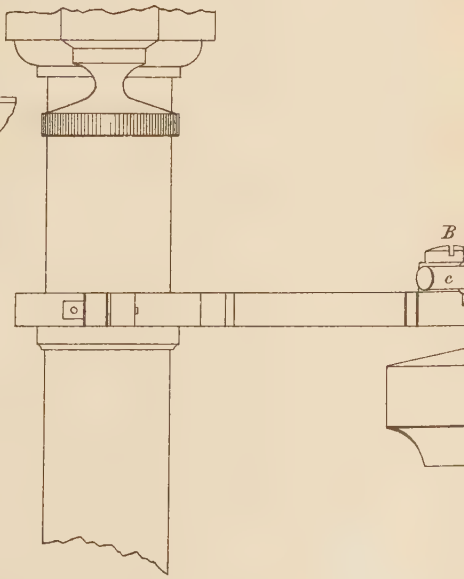


Fig.7.





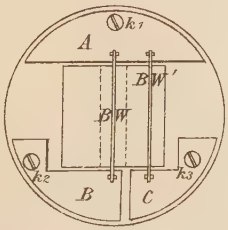


Fig 8.

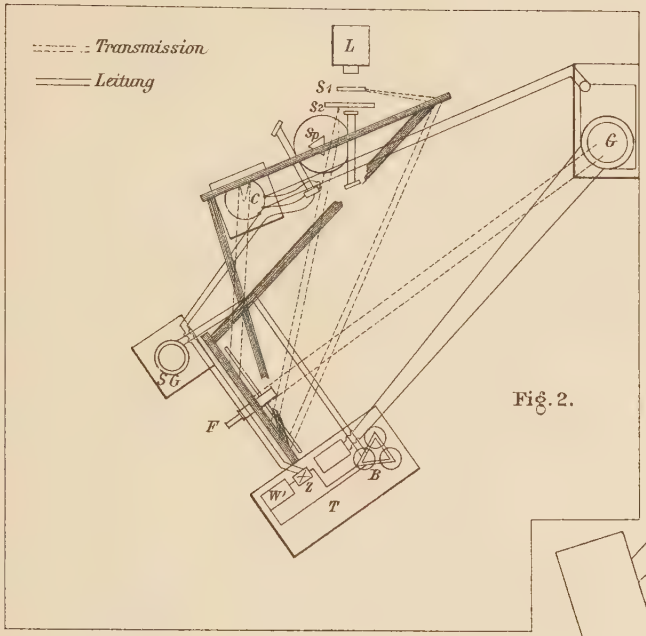
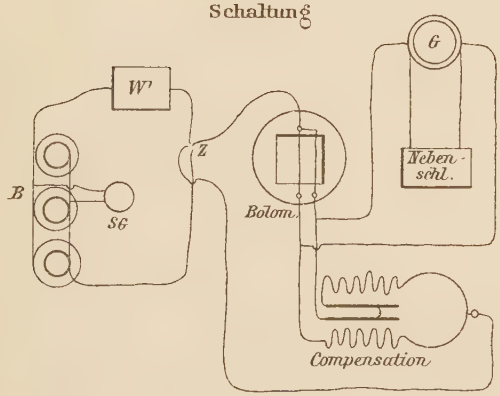
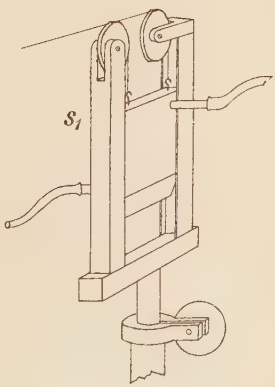
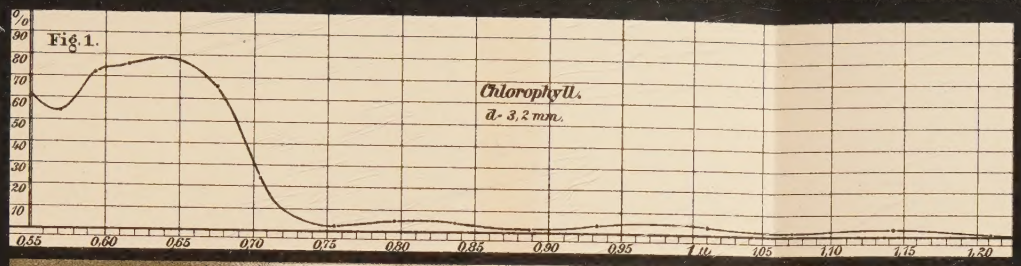


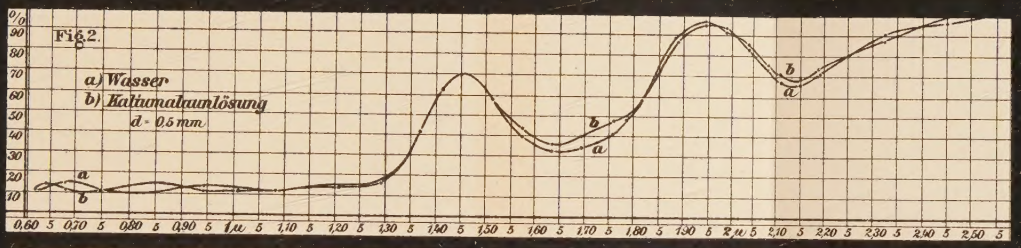
Fig. 2.

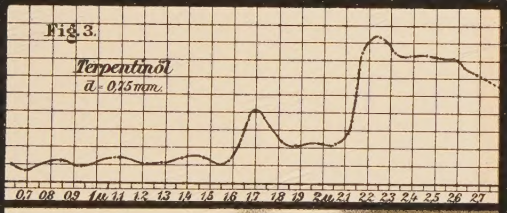
Schaltung

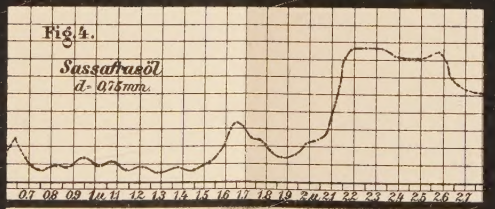


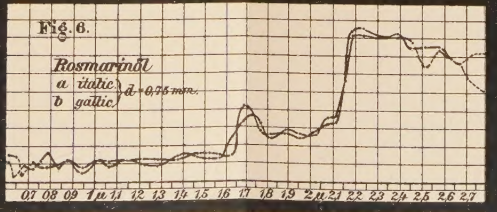


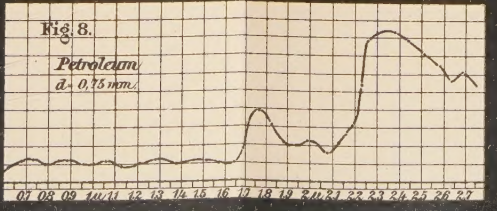












Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig.